المركز القومي للترجمة

فريتجوف كابرا

العلم عند ليوناردو

رحلة داخل عقل عبقرى عصر النهضة العظيم ليوناردو دافنشي

ترجمة: أحمد عبد الله السماحى

مراجعة: فتح الله الشيخ

2013

سيرة أحد أعظم عقول عصر النهضة الإيطالى، إن لم يكن أعظمها على الإطلاق: ليوناردو دافنشى. إن هذا الكتاب الذى يتناول سيرته بالسرد والتحليل، والذى نقدم ترجمته العربية، لم يدع جانبا من الجوانب العديدة لهذا العقل لم يعرضها تحليلا وتأصيلا. ليوناردو دافنشى - هذه العقلية الغربية فى عبقريتها، والعبقرية فى غرابتها قد حازت كل شىء تقريبا. فنان ورسام ونحات، وعالم باحث فى الفيزياء والميكانيكا ومهندس مبتكر للآلات والأجهزة، وعالم وفنان فى التشريح. وكما يقول كابرا - مؤلف الكتاب - لا يمكن فهم علمه إلا بالرجوع إلى فنه، ولا إدراك فنه إلا بمساعدة علمه. سبق دافنشى نيوتن وجاليليو وديكارت وبيكون، لكنه أخفى علمه وفنه فى مذكرات ذهبت بها الأقدار كل مذهب بعد وفاته، ولم يُكتشف إلا نصفها فقط، ولم ترتب وتنظم وتفهرس إلا بعد وفاة صاحبها بعدة قرون.

تصميم مروة أحمد

العلم عند ليوناردو

رحلة داخل عقل عبقرى عصر النهضة العظيم:

ليوناردو دافينشي

المركز القومى للترجمة

تأسس فى أكتوبر ٢٠٠٦ تحت إشراف: جابر عصفور

مدير المركز: أنور مغيث

- العدد: 2013
- العلم عند ليوناردو: رحلة داخل عقل عبقرى عصر النهضة العظيم (ليوناردو دافنشى)
- فريتجوف كابرا
- أحمد عبد الله السماحى
- فتح الله الشيخ
- اللغة: الإنجليزية
- الطبعة الأولى 2015

هذه ترجمة كتاب:

The Science of Leonardo

By: Fritjof Capra

شارع الجبلاية بالأوبرا- الجزيرة- القاهرة. ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤

El Gabalaya St. Opera House, El Gezira, Cairo.

E-mail: nctegypt@nctegypt.org Tel: 27354524 Fax: 27354554

العلم عند ليوناردو

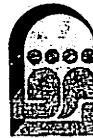
رحلة داخل عقل عبقرى عصر النهضة العظيم

ليوناردو دافينشى

تـــأليف: فريتجـــوف كـــابرا

ترجمة: أحمد عبد الله السماحى

مراجعة: فـــتح الله الـــشيخ



2015

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

كابرا، فريتجوف
العلم عند ليوناردو: رحلة داخل عقل عبقرى عصر النهضة العظيم ليوناردو دافينشي/ تأليف: فريتجوف كابرا ، ترجمة: أحمد عبد الله السماحى ، مراجعة: فتح الله الشيخ
ط ١ - القاهرة : المركز القومى للترجمة ، ٢٠١٥
٤٤٠ ص ، ٢٤ سم
١- المصورون الإيطاليون
٢- الفنانون الإيطاليون - مترجم
٣- ليوناردو دافينشى، ١٤٥٢ - ١٥١٩
أ) السماحى ، أحمد عبد الله (مُترجم)
ب) الشيخ ، فتح الله (مُراجع)
ج) العنوان ٩٢٧,٧

رقم الإيداع ٢٠١٥/٥٠٤١

الترقيم الدولى: I.S.B.N - 978 - 977- 920 - 151- 1

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

أولا سأقوم بإجراء بعض التجارب قبل أن أخطو خطوات أخرى، لأنه فى نيتى أن أستشهد أولا بالخبرة ثم بالتفكير؛ لأبين كيف مثل هذه الخبرة مقدر لها أن تعمل بمثل هذه الطريقة. وهذه هى القاعدة الصحيحة التى يجب أن يعمل بها الذين يفكرون حول تأثيرات الطبيعة.

ليوناردو دافينشى، حوالى ١٥١٣

المحتويات

شكر وعرفان

عندما بدأت بحثى لهذا الكتاب، كان المجال غريبا تماما بالنسبة لى، وإننى أدين للعديد من الأصدقاء والزملاء الذين ساعدونى فى توجهى لدنيا ليوناردو العلمية.

أنا مدين بصفة خاصة:

إلى زوجتى، إليزابث هوك؛ لمساعدتها لى فى تحديد القيادات العلمية المعاصرة والمعاهد البحثية والمكتبات الخاصة.

إلى كلير فاراجو لتوضيحها الكثير من الأسئلة الأساسية حول لغة ليوناردو، وحول الطبعات العلمية لمذكراته، وبصفة خاصة تقديمى لمكتبة إلمر بلت بجامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس.

إلى كارلو بيديريتى للمحادثات والمراسلات القيمة حول تاريخ وتأريخ رسومات ليوناردو ونصوصه.

إلى دومينيكو لورينئش لتشجيعه ودعمه ولمناقشاته ومراسلاته المنيرة حول المواضيع المتنوعة عن العلوم عند ليوناردو، ولمساعدته القيمة لترجمة مقاطع معينة من المخطوطات الأصلية.

وإلى ليندا وارين، مديرة مكتبة إلمر بلت، وإلى مونيكا تادى، رئيسة أخصائيى المكتبات فى بيبليوتيكا ليونارديانا بفينشى؛ لتمكينى من التوصل اللامحدود إلى مجموعاتهم الكاملة لطبعات الفاكسميل لمخطوطات ليوناردو، ولمساعدتهم الكريمة فى البحث الببليوجرافى.

وإلى إدوارد كيكهوفل لمساعدته فى البحث فى بيبليوتيكا ليوناردينا، وللمناقشات المثيرة عن العلم عند ليوناردو

وإلى فرانكو بولليتى بدار تحرير جيوينتى بفلورنسا لمناقشته المذهلة حول كيفية إنتاج نسخة الفاكسميل لمخطوطات ليوناردو

وإلى كلارا فيتولو أمينة المكتبة بالمكتبة الملكية (بيبليوتيكا ريال) بتورينو لترتيبها عرضا خاصا للوحة البورتريه الذاتى لليوناردو، ومخطوطة طيران الطيور، ورسومات أصلية أخرى من مجموعة المكتبة

وإلى روان واطسون مديرة المواد الوثائقية بمتحف فيكتوريا وألبرت لعرضها لى مخطوطات فورستر من مجموعة مكتبة ناشيونال آرت وللمناقشات المثيرة لتاريخها

وإلى فرانسواز فياتى مديرة قسم فنون الجرافيك بمتحف اللوفر لتشجيعها ومناقشاتها المفيدة والمراسلات حول أعمال ليوناردو فى المجموعة الموجودة بمتحف اللوفر.

وأثناء بحثى وكتابتى تناقشت مع زملاء وأصدقاء فى مجالات متنوعة من العلوم والتكنولوجيا المعاصرة ومواءمتها لأعمال ليوناردو.

وإننى مدين بصفة خاصة إلى بيير لويجى لويسى للمناقشات الملهمة فى المراحل المبكرة لمشروع الكتاب، ولكرمه عند استضافتى فى زيوريخ وروما

وإلى أوجو بيوميللى للمناقشات العديدة المنوِّرة حول ديناميكا الموائع عند ليونارد

وإلى آن بيزوروسو للمراسلات المليئة بالمعلومات عن تاريخ الجيولوجيا

وإلى براين جودوين للمناقشات المستنيرة عن التكون التشكيلى للنبات

وإلى رالف أبراهام للقراءة النقدية للفصل الخاص برياضيات ليوناردو

وإلى جورج لاكوف لكثير من الحوارات الملهمة حول العلوم المعرفية المعاصرة

وإلى ماجدالينا كورفين، وأمورى لوفينز، وأوسكار موتوميورا للمناقشات المشجعة حول طبيعة التصميم.

وأقدم كذلك عظيم الشكر إلى ساتيش كومار لإعطائى الفرصة لتدريس علم القيمة (علم النوعية) عند ليوناردو بكلية شوماكر بإنجلترا فى ربيع ٢٠٠٦، وإلى المنتسبين لهذا المقرر للكثير من الأسئلة الحاسمة والاقتراحات المساعدة.

وأود أن أشكر وكلائى الأدبيين جون بروكمان وكاتينكا ماتسون لتشجيعهما ونصائحهما القيمة.

وأتقدم بعميق الشكر لأخى برنت كابرا؛ لقراءته للمخطوطة كلها ولدعمه المتحمس واقتراحاته العديدة المفيدة، وأتقدم بالشكر أيضا إلى إرنست كالينباخ، وأميلسا باريلى، وإلى ابنتى جوليت كابرا لقراءتهم أجزاء من المخطوطة وتقديمهم لتعليقات حاسمة.

وأدين لمساعدتى ترينا كليلاند بالشكر لمراجعتها الحريصة والحساسة للنسخة الأولى للمخطوطة، ومحافظتها على نظام مكتبى بالمنزل أثناء تركيزى فى الكتابة.

والشكر الجزيل للمحرر روجر سكول فى دار نشر دبلداى لدعمه ونصائحه ولمراجعته الهائلة للمتن.

وأخيرا وليس آخرا، أود أن أعبر عن عميق امتنانى لزوجتى إليزابث؛ لمناقشاتها التى لا تحصى عن فن عصر النهضة، ولمساعدتى فى اختيار الأشكال التوضيحية للكتاب، ولصبرها ودعمها الحماسى خلال أشهر العمل المضنى.

تمهيد

ربما كان ليوناردو دافينشى- أعظم رسامى وعبقريـــى عـــصر النهـــضة- موضوع مئات الكتب الفكرية والعامة، ولقد شدت روائعه العديدة التى تزيـــد عـــن مائة ألف رسم وأكثر من ستة آلاف صفحة مـــن المـــذكرات، والتـــشعب الهائـــل لاهتماماته، شدت انتباه عدد لا يحصى من المفكرين فى مجـــالات فـــروع علميـــة أكاديمية وفنية مختلفة.

ومع ذلك، هناك قليل من الكتب - بشكل لافت - عن العلم عند ليوناردو، علـــى الرغم من أنه قد خلف وراءه مذكرات ضخمة مليئة بأوصاف تفصيلية عـــن تجاربـــه ورسوماته الرائعة وتحليلات مستفيضة لاكتشافاته، وعلاوة علـــى ذلـــك فـــإن معظـــم المؤلفين الذين تناولوا أعمال ليوناردو العلمية نظروا إليها من خلال عدسات نيوتونيـــة، وإننى أعتقد أن ذلك قد حرمهم فى الغالب من فهم الطبيعة الأساسية لذلك العلم.

كان ليوناردو يعنى فى النهاية أن يقدم نتائج أبحاثه العلمية كمجموعة معرفية متماسكة ومتكاملة، فإنه لم يتمكن من ذلك قط؛ لأنه طوال حياته كان يشعر دائمـــا أنه مضطر أن يتوسع وينقح ويوثق أبحاثه أكثر من أن يرتبها بطريقـــة تـــصنيفية، وعليه مال المفكرون عند دراستهم لمدوناته الشهيرة، وعلى مدى قرون منذ وفاته، أن يروا تلك المدونات على أنها غير منظمة ويشوبها الفوضى، لكـــن فـــى ذهـــن ليوناردو لم يكن علمه غير منظم على الإطلاق؛ فقد أعطـــاه هـــذا العلـــم صـــورة متماسكة وموحدة عن الظواهر الطبيعية - إلا أنها صورة مختلفة راديكاليا عن تلك التى عند جاليليو وديكارت ونيوتن.

والآن فقط، وبعد خمسة قرون، وعندما أصبحت حـدود العلـم النيوتـونى واضحة تماما، وأخذت تتخلى النظرة الديكارتية الميكانيكية للعـالم عـن طريقهـا للنظرة الإيكولوجية الكلية، التى على غرار نظرة ليوناردو، الآن فقط نـستطيع أن نبدأ فى الاعتراف بالقوة الكاملة لعلم ليوناردو ومواءمته الكبيرة لعصرنا الحديث.

وما أود أن أقدمه هو عرض متسق للطريقة العلمية لعبقرى عصر النهـضة العظيم وإنجازاته ، وتقييم هذه الأعمال من منظور الأفكار العلمية لأيامنا هذه، ولن تسمح لنا دراسة ليوناردو من هذا المنطلق أن نتعرف على علمه على أنه مجموعة معرفية متماسكة فقط، بل ستظهر لنا أيضا كيف أنه لا يمكن فهمه دون فنه ولا أن نفهم فنه دون علمه.

وسأبتعد فى هذا الكتاب عن عملى المعتاد كعالم ومؤلف، ومع ذلـك، وفـى الوقت نفسه، فقد شعرت بالرضا التام لتأليف هذا الكتاب؛ حيث إننى كنـت دائمـا مفتونا بأعمال ليوناردو دافينشى العلمية على مدى ثلاثة عقود، عندما بـدأت فـى تأليف الكتب فى بداية سبعينيات القرن العشرين، كانت خطتى أن أكتب كتابا للعامة عن فيزياء الجسيمات، وبدأت فى وضع مخطط للفصول الثلاثة الأولى، ثم تركـت هذا المشروع لأكتب كتاب "طاوية الفيزياء" الذى ضمنت فيه معظم المادة الموجودة فى المخطط السابق، وقد بدأت مخطط ذلك الكتاب بتاريخ موجز للعلـوم الغربيـة الحديثة، وكانت الافتتاحية هى مقولة ليوناردو دافينشى الجميلة عن الأسس الأوليـة للعلوم، التى صارت الآن العبارة الافتتاحية المقتبسة لهذا الكتاب.

وحيث إننى أقر وأعترف فى مخطوطاتى المبكرة بأن ليوناردو هو أول عالم حديث (قبل جاليليو وبيكون ونيوتن بوقت كبير) ، فقد احتفظـت بـولعى بأعمالـه العلمية، وعلى مدى السنين الماضية استشهدت بها عدة مرات فى كتاباتى، ولكـن دون دراسة مستفيضة وتفصيلية لمدوناته، وما دفعنى لعمل ذلك أننى قد شاهدت فى منتصف تسعينيات القرن العشرين معرضا كبيرا للوحات ليوناردو فى قاعة الملكة بقصر باكنجهام بلندن، وبينما كنت أتفرس فى تلك الرسومات البديعة الواحدة تلـو

الأخرى، وكثيرا ما كان على نفس الصفحة تتجاور العمارة وتشريح جسم الإنسان والماء الهائج بجوار الهواء الهائج ودوامات المياه وانسياب شعر الإنسان بجانب أنساق نمو الحشائش، أيقنت أن دراسات ليوناردو المنهجية للأشكال الحية وغير الحية قد أدت إلى علوم ذات قيمة وجمال مختلفين فى الأساس عن العلوم الآلية لجاليليو ونيوتن، ويبدو لى أنه فى صميم فحوصاته دائما ما كان يؤكد على اكتشاف أنساق لظواهر متداخلة لمجالات واسعة المدى.

وحيث إننى قد تفحصت الأمور الحديثة المناظرة لمنهج ليوناردو والمعروفة اليوم بنظرية التعقيد ونظرية الأنظمة، فى العديد من كتبى السابقة، شعرت بأن الوقت قد حان لدراسة مدونات ليوناردو بتمعن، وأن أقيِّم أفكاره العلمية من منظور أحدث ما قدمته العلوم الحديثة.

وعلى الرغم من أن ليوناردو قد ترك لنا، وبكلمات واحد من أعظم مفكرى عصر النهضة كينيث كلارك ترك "واحدا من أعظم السجلات الكاملة التى وصلت إلينا لعقل وهو يعمل،" فإن مدوناته لم تعطنا إلا القليل عن مفاتيح شخصية المؤلف وهويته".[1] ويبدو من لوحات ليوناردو وكذلك من حياته- ما يوحى بإحساس معين من الغموض، وبسبب هذه الهالة من الغموض، ولذكائه غير العادى، أصبح ليوناردو دافينشى شخصية أسطورية حتى أثناء حياته، وتضخمت أسطورته بتنويعات مختلفة فى القرون التى تلت مماته.

وقد جسَّد ليوناردو عصر النهضة عبر التاريخ، فإن كل عصر "أعاد اكتشاف" ليوناردو وفق طابع ذلك العصر، وباقتباس ما قاله كينيث كلارك ثانية "يعتبر ليوناردو هاملت تاريخ الفن، الذى يجب على كل منا أن يكتشفه لنفسه بنفسه."[2] ولذلك كان حتميا أن أعيد اكتشاف ليوناردو فى الصفحات التالية، والصورة التى تبزغ من عملى، وبمدلولات علمية معاصرة- هى أن ليوناردو مفكر منهجى ومحب للبيئة ومنظِّر للتعقيد، وعالم وفنان ذو تقدير عميق لكل أشكال الحياة، وتظهره الصورة كذلك كرجل ذى رغبة قوية يعمل لخير البشرية.

والإحساس القوى الذى شعرت به فى ذلك المعرض بلندن، هو أن ليوناردو الذى أصفه أعلاه هو من المؤكد "ليوناردو عصرنا" وقد تأكد ذلك ببحثى واكتشافى لمذكراته، وكما كتب مؤرخ الفنون مارتن كيمب فى كتالوج معرض سابق لرسومات ليوناردو فى جاليرى هيوارد بلندن:

يبدو لى أن هناك جوهرًا لمنجزات "ليوناردو"، ومع أنها قد تناقلتها الأجيال المختلفة واستقبلتها بصورة غير كاملة، فإنها ما زالت متاحة بديهيا، وما يمكن الإحساس به هو أن إنتاجه الفنى أكثر من مجرد فن - أى أنها جزء من رؤية تحتضن شعورًا عميقًا بتداخل الأشياء، فالتعقيد الكلى للحياة فى سياق العالم، متضمن بشكل ما فى وصفه أى من مكونات أجزائه ... إنى أعتقد أن رؤيته لكلية العالم على اعتبار أنها نوع لكائن عضوى متفرد يتحدث إلينا بعلاقة معينة مناسبة لهذه الأيام؛ حيث أصبحت اليوم إمكاناتنا التكنولوجية مهيبة.(٣)

وتعكس صورة كيمب لليوناردو فى ذلك المعرض ببلاغة فى المقطع السابق صورتى عن ليوناردو، إنه ذلك الـ"ليوناردو" الذى سيبزغ من دراستى لإبداعاته المتفردة فى العلم والفن.

فريتجوف كابرا

بيركلى، ديسمبر ٢٠٠٦

مقدمة

شارح الطبيعة

في تاريخ الفكر الغربي يعرف عصر النهضة – الفترة الممتدة من بداية القرن الخامس عشر إلى نهاية القرن السادس عشر – بأنه فترة الانتقال من العصور الوسطى إلى العالم الحديث، في ستينيات القرن الخامس عشر، وعندما تلقى الشاب ليوناردو دافينشي تدريبا ليصبح رساما، ونحاتا، ومهندسا في فلورنسا، كانت نظرة أقرانه إلى العالم ما زالت متشابكة مع فكر العصور الوسطى، لم يكن العلم بمعناه الحديث، بوصفه وسيلة أولية ممنهجة لاكتساب المعرفة حول العالم الطبيعي، قد ظهر بعد، وقد تم تناول المعرفة حول الظواهر الطبيعية بعضها دقيق والبعض الآخر غير دقيق، بالتسلسل من أرسطو وفلاسفة العصور القديمة الآخرين، وانصهرت مع العقيدة المسيحية بواسطة اللاهوتيين السكولاستيين الذين قدموها على أنها العقيدة الرسمية المعتمدة، وقد أدان المسئولون التجارب العلمية على أنها مدمرة، واعتبروا أن أي هجوم على علم أرسطو هو هجوم على الكنيسة.

انفصل ليوناردو بمفرده عن هذا التقليد، وقد طور ليوناردو بمفرده منهجا أوليا جديدًا للعلم، وذلك قبل جاليليو وبيكون بمائة عام، والذي يتضمن الملاحظة المنهجية للطبيعة، والفكر المنطقي، وبعض الصيغ الرياضية الأخرى – وهي الخصائص الرئيسية لما يعرف اليوم بالمنهج العلمي. كان ليوناردو متيقنا تمامًا أنه يشق طريقه في أرض جديدة، وقد دعا نفسه بتواضع omo sanza lettere (رجل على غير علم)، ولكن بشيء من التهكم والافتخار بطريقته الجديدة، كان يرى نفسه "مفسرا بين الطبيعة والبشر"، وحيثما يوجد ليوناردو كانت تحدث اكتشافات جديدة؛ حيث كانت إبداعاته العلمية التي تجمع بين الفضول الفكري المتقدم وصبره العظيم وقدرته التجريبية العبقرية هي القوة المحركة الرئيسية خلال كل حياته.

وعلى مدى أربعين عامًا جمع ليوناردو أفكاره وملاحظاتـــه فـــي مذكراتـــه الشهيرة، مع وصفاته لمئات من التجارب، ومـــسودات الرســـائل، والتـــصميمات المعمارية والتكنولوجية، وملاحظات لتذكره بأبحاث وكتابات مستقبلية، وتقريبا كل صفحة من هذه المذكرات ممتلئة بنصوص ورسومات رائعـــة. ومـــن المعتقـــد أن المجموعة الكلية تصل إلى ١٣٠٠٠ صفحة عندما توفى ليوناردو دون أن يصنفها، حيث كان في نيته فعل ذلك. وعبر القرون التالية فُقِد حـــوالي نـــصف المجموعـــة الأصلية، فإن أكثر من ٦٠٠٠ صفحة قد تم الاحتفاظ بها وترجمتهـــا مـــن اللغـــة الإيطالية الأصلية، وتنتشر هذه المخطوطات على نطاق واسع الآن بين المكتبـــات، والمتاحف، والمجموعات الخاصة، بعضها في مجموعات كبيرة تعرف باسم مجلـــد المخطوطات، بينما البعض الآخر عبارة عن صفحات ممزقة وملفـــات منفـــصلة، والقليل منها ما زال مذكرات مجمعة في شكلها الأصلي.[١]

علم فن الرسم

كان ليوناردو موهوبا يتمتع بمقدرات استثنائية فـــي الملاحظـــة والـــذاكرة البصرية، كان في استطاعته رسم دوامات المياه الهائجـــة المعقـــدة أو الحركـــات السريعة لطائر بدقة لم يكن من الممكن التوصل إليها إلى أن تم اختراع التـــصوير الفوتوغرافي التسلسلي، وكان على دراية تامة بالموهبة غير العادية التي يملكهـــا، وفي الحقيقة، كان يعتبر العين آلته الرئيسية بوصفه رسامًا وعالمًا. وقد كتب يقول: "العين والتي يقال إنها نافذة الروح، هي الوسيلة الرئيسية التي يمكن بها لـــلإدراك الحسي أن يتأمل بشكل عام وبارع أعمال الطبيعة اللانهائية".[٢]

كان منهج ليوناردو للمعرفة العلمية منهجا بصريا، كان منهج رســـام، وقـــد أعلن عن ذلك قائلا: " يتضمن فن الرسم في ذاته كل أشـــكال الطبيعـــة".[٣] وهـــذه

العبارة في الواقع هي مفتاح فهم علم ليوناردو، ويؤكد ليوناردو بـــشكل متكــــرر، خاصة في مخطوطاته المبكرة أن فن الرسم يتضمن دراســـة الأشـــكال الطبيعيـــة، ويؤكد على العلاقة الوثيقة بين التمثيل الفنـــي لهـــذه الأشـــكال والإدراك الفكـــري لطبيعتها الذاتية والمبادئ التي وراءها، فمثلاً يكتب في مجموعة مذكراته حول فن الرسم، المعروفة باسم Trattato della pittura (بحث في فن الرسم):

> ينسحب علم فن الرسم على كل ألوان أسطح الأجـــسام وعلى أشكال الأجسام التي تحتويها تلـــك الأســـطح... يتناول [فن الرسم] بتخميناته الفلـــسفية الهادئـــة، كـــل خصائص الأشكال ... وحقيقة هذا هو العلـــم، الابـــن الشرعي للطبيعة؛ لأن فن الرسم وليد الطبيعة.[٤]

كان الرسم بالنسبة لليونـــاردو فنـــا وعلمًـــا – علـــم الأشـــكال الطبيعيـــة، والخصائص، ويختلف تماما عن العلم الميكانيكي الذي مقدر له أن يبزغ بعد مائتي سنة، وأشكال ليوناردو أشكال حية تتشكل باستمرار وتتحول بواســـطة العمليـــات المتضمنة، وخلال مشوار حياته درس ليوناردو ورسم الصخور ورواسب الأرض، التي شكلها الماء، ورسم نمو النباتات والتي شكلها أيضها؛ وكذلك تـــشريح جـــسم الحيوان (والإنسان) أثناء حركته.

طبيعة الحياة

كانت الطبيعة ككل بالنسبة لليوناردو حية، وقد رأى الأنساق والعمليات فـــي العالم الصغير على أنها شبيهة بتلك التى في العالم الكبير، وكان كثيرًا مـــا يرســـم التشابهات بين التشريح البشري وبنية الأرض، كما توضح الفقرة الجميلة التالية من مجلد مخطوطات ليسستر: Codex Leicester

> وقد نقول: إن للأرض قوة حيوية للنمو، وإن لحمها هو التربة، وإن عظامها هي الطبقات المتتالية للصخور التي تكوّن الجبال، وغضروفها هو الصخور المسامية، ودمها هو عروق المياه، أما بحيرة الدم التي تقع حول القلب فهي المحيط، وتنفسها هو الزيادة والنقص في الدم أثناء النبضات، تماما كما هو انحسار وسريان البحر في الأرض.[٥]

وبينما يعود التشابه بين العالم الصغير والعالم الكبير للوراء إلى عصر أفلاطون، وكان معروفًا جيدًا خلال العصور الوسطى وعصر النهضة، فقد فك ليوناردو هذا الاشتباك من مضمونه الأسطوري الأصلي وتعامل معه بحسم على أنه نظرية علمية، ونعرف اليوم أن بعض التشابهات في العبارة المقتبسة أعلاه تحتوي بعض الأخطاء، وفي الحقيقة قام ليوناردو فيما بعد أثناء حياته بتصحيح بعض هذه الأخطاء[٦]، ومع ذلك نستطيع اليوم الإقرار بسهولة بأن مقولة ليوناردو منظومة حية، ترتب وتنظم نفسها.[٧]

وعلى المستوى الأكثر أساسية، كان ليوناردو يبحث دائمًا لفهم طبيعة الحياة، وكان الكتاب السابقون عليه غالبًا ما يفتقدون ذلك؛ لأنه حتى وقت قريب كانت طبيعة الحياة تعرّف بواسطة البيولوجيين بمدلول الخلايا والجزئيات فقط، والتي لم تكن متاحة لليوناردو، الذي عاش قرنين قبل اختراع الميكروسكوب، فإنه اليوم يبزغ مفهوم منهجي جديد للحياة في الجبهة الأمامية للعلم – وهو مفهوم بمدلول عمليات الأيض وأنساق ترتيباتها، وتلك كانت بالضبط الظواهر التي درسها ليوناردو خلال حياته.

مفكر منهجي

كان ليوناردو دافينشي باللغة العلمية اليوم هو ما نطلق عليه، المفكر المنهجي.[٨] وكان فهم خاصية ما، بالنسبة له يعني ربطها بالظواهر الأخرى من خلال تشابه الأنساق، وعندما درس نسب جسم الإنسان، قارنها بنسب المباني في عمارة النهضة، وقد أوصلته دراساته للعضلات والعظام إلى دراسة ورسم التروس والروافع، وبذلك ربط فسيولوجيا الحيوان بالهندسة، وقادته أنساق اضطراب المياه لملاحظة الأنساق المشابهة في سريان الهواء، ومن هنا اتجه للبحث في طبيعة الصوت، ونظرية الموسيقى، وتصميم الآلات الموسيقية.

كانت هذه المقدرة غير العادية على ربط الملاحظات والأفكار من المناهج المختلفة تكمن في صميم منهج ليوناردو في الدراسة والبحث، وفي الوقت نفسه، كانت هي أيضًا السبب وراء مبالغته كثيرا من الأحيان والتوسع في أبحاثه فيما وراء دورها الأصلي في صياغة "علم فن الرسم"، دارسا تقريبا كل مدى الظواهر الطبيعية المعروفة في زمانه وكذلك ظواهر أخرى عديدة لم يكن معترفًا بها من قبل.

ظلت أعمال ليوناردو العلمية غير معروفة فعليا خلال حياته ومختفية لفترة تزيد على قرنين بعد مماته سنة ١٥١٩، لم يكن لاكتشافاته وأفكاره الرائدة تأثير مباشر على العلماء الذين جاءوا بعده، على الرغم من أنه خلال ٥٤٠ سنة التي تلت ذلك، بزغت مفاهيمه عن العلم حول الأشكال الحية في أوقات مختلفة، وخلال تلك الفترات كانت المشاكل التي صارع من أجلها ليوناردو يتم تناولها بمستويات متزايدة من التقدم، كلما تقدم العلماء في فهمهم لبنية المادة وقوانين الكيمياء والكهرومغناطيسية، وبيولوجيا الخلايا والبيولوجيا الجزيئية، وعلم الوراثة، والدور الحاسم للتطور في صياغة أشكال العالم الحي.

واليوم، ومن منطلق أفضلية علم القرن الواحد والعشرين، نستطيع الإقـرار بأن ليوناردو دافينشي بشير مبكر لكل مجموع العلمـاء والفلاسـفة الـذين كـان تركيزهم المحوري هو طبيعة الشكل العضوي، وتتضمن القائمة إيمانويل كانـت، وألكسندر فون هومبلت، وجوهان وولفجانج فون جوته من القرن الثـامن عـشر، وجورجي كوفيز، وتشارلز داروين، ودارس طومسون من القرن التاسـع عـشر، ألكسندر بوجدانوف، ولودينج فون بيرتلانفي، وفلاديمير فيرنادسـكي مـن أوائـل القرن العشرين، إيليا بريجوجين، وهامبرو ماتورانا من أواخر القرن العشرين، كما تشمل القائمة أيضا المعاصرين من علماء الفورمولوجيـا أو المنظـرين للأمـور المعقدة من أمثال برايان جودوين، وإيان ستيوارت، وريتشارد سولي.

استمر المفهوم العضوي لليوناردو حول الحياة كتيار تحتي للبيولوجيا خلال قرون، وكان أثناء فترات قصيرة يظهر في المقدمة ويسيطر على التفكير العلمـي. ومع ذلك، لم يكن أحد من مجموعة العلماء تلك على دراية بأن العبقري العظيم من عصر النهضة كان بالفعل رائدًا لكثير من الأفكار التي كانوا يحـاولون اكتـشافها. وبينما كانت مخطوطات ليوناردو يعلوها التراب في مكتبات أوربا القديمة، كان يتم الاحتفاء بجاليليو جاليلي على أنه "أبو العلم الحديث"، ولا أسـتطيع أن أدفـع بـأن المؤسس الحقيقي للعلم الحديث هو ليوناردو دافينشي، وأتعجب كيف كـان للفكـر العلمي الغربي أن يتطور لو كانت مذكراته قد عرفت وتمت دراستها باستفاضة بعد موته مباشرة.

تخليق الفن والعلم

ولكي نصف الأشكال العضوية للطبيعة، فإننا لا نستطيع اسـتخدام الهندسـة الإقليدية ولا المعادلات الكلاسيكية لفيزياء نيوتن، ونحتاج إلـى نـوع جديـد مـن الرياضيات النوعية، واليوم، تجري صياغة مثل هذه الرياضيات الجديدة في إطـار

نظرية المعقدات والتي تعرف تقنيا بالديناميكا اللاخطيــة.[٩] وتتــضمن معــادلات لاخطية معقدة، ونمذجة كمبيوترية؛ حيث يتم تحليل الأشكال المحدبة وتصنيفها بعلم الطوبولوجيا، وهو هندسة الأشكال أثناء حركتها.، ولم يكن بالطبع أي شــيء مــن هذا متاحا لليوناردو، ولكن مما يثير الإعجاب أن أجرى ليوناردو تجارب مستخدما صيغا بدائية للطوبولوجيا في دراســاته الرياضــية للـــــ "كميــات المــستمرة" و"التحولات"، قبل تطوير هذا الفرع المهم من الرياضيات الحديثة بوقــت طويــل بواسطة هنري بوانكريه في بداية القرن العشرين.[١٠]

كانت الأداة الرئيسية لتمثيل أشكال الطبيعة وتحليلها عنــد ليونــاردو هــي مقدرته الفائقة على الرسم، والتي كثيرا ما تطابقت مع نظرتــه اللماحــة، كانــت الملاحظة والتوثيق عنده مندمجة في فعل واحد، وقد استخدم موهبته الفنية لإنتــاج رسومات كانت جميلة بشكل أخاذ وفي الوقت نفسه تستخدم كأشكال هندسية، كانت الرسومات بالنسبة لليوناردو هي المركبة المثالية لصياغة نماذجــه المفاهيميــة – "رياضيات" مثالية لعلمه حول الأشكال العضوية.[١١]

والدور المزدوج لرسومات ليوناردو – كفن وأدوات تحليل علمي – يبين لنا لماذا لا يمكن فهم علمه بدون فنه، ولا فنه بدون علمه، ويعمل تأكيده على أن "فــن الرسم يشمل في داخله كل أشكال الطبيعة" في الاتجاهين، ولكى يمارس فنه، احتاج ليوناردو للفهم العلمي لأشكال الطبيعة، ولكى يحلل أشكال الطبيعــة كــان يحتــاج للمقدرة الفنية لرسمها.

وبالإضافة إلى حرصه الذهني وقدرته على الملاحظة، وعبقريته التجريبية، ومواهبه الفنية العظمى، كان لدى ليوناردو منحى عمليًا جدا، وبينمــا كــان يتتبــع أبحاثه حول أشكال الطبيعة، مستوعبا إياها بعين العالم والرســام، لــم تغــب قــط الاستخدامات المفيدة لاكتشافاته عن ذهنه، وقد أنفق الجزء الأكبر من حياتــه فــي تصور ماكينات من جميع الأنواع، واختراع العديد مــن الابتكــارات الميكانيكيــة والبصرية، وتصميم المباني والحدائق والمدن.

وقد رأى -عندما درس الماء- أنه ليس فقط وسطًا للحياة ولا القوة المحركة للطبيعة، بل هو أيضا مصدر لقدرة المنظومات الصناعية، مشبها في ذلك دور البخار – وهو شكل آخر من أشكال الماء – عندما يلعب دوره في الثورة الصناعية بعد ثلاثة قرون، وقد قادته دراساته المكثفة حول سريان الهواء والريح وطيران الطيور إلى ابتكار العديد من الماكينات الطائرة، التي اعتمد كثير منها على مبادئ آيروديناميكا الصوت، ومن المؤكد، أن إنجازات ليوناردو مصممًا ومهندسًا تقف على قدم المساواة مع إنجازاته بوصفه فنانًا وعالمًا.

العين وظهور الأشكال

وفي بحثه حول فن الرسم، يجعل ليوناردو من الواضح أن فن الرسم هو المنظور الموحد والخيط الرابط الذي يمر خلال كل مجالاته الدراسية، وانطلاقا من هذا العمل، بزغت بنية مفاهيمية متماسكة، كان من الممكن أن يميل لاستخدامها في النهاية عند نشر مذكراته، ومثل كل العلماء الحقيقيين، أسس ليوناردو علمه على الملاحظة المنهجية، وعليه كانت نقطة البداية هي العين البشرية، كانت فحوصاته الدقيقة لتشريح العين ومصدر الرؤية بلا نظير في زمانه، وقد أبدى اهتماما خاصا بالروابط بين العين والمخ، والتي استعرضها في سلسلة من الرسومات الجميلة لجمجمة الإنسان، استعرض ليوناردو أول المسار الكامل للرؤية خلال إنسان العين والعدسة وحتى العصب البصري وكل الطريق إلى تجويف نوعي في المخ الذي يعرف عند اختصاصيي الأعصاب اليوم بالتجويف الدماغي، كل ذلك مستخدما التقطيع التشريحي الرائع.(١٢)

كان ذلك حيث رصد "موقع الروح"؛ حيث تتقابل كل انطباعات الأحاسيس. ويصبح مفهوم ليوناردو عن الروح قريبا جدا مما يطلق عليه علماء المعرفة اليوم

"معرفة"، وهي عملية تحصيل المعرفة.[١٣] ونظريته عن الكيفية التي تنتقل بها النبضات الحسية خلال الأعصاب من أعضاء الحس إلى المخ عبقرية لدرجة أنني أشك هل يستطيع علماء الأعصاب اليوم أن يتوصلوا إلى شيء أفضل من ذلك، لو وضعت عليهم القيود ليعلموا دون أي معرفة بالكهرومغناطيسية والكيمياء الحيوية والميكروبيولوجيا.

رأى ليوناردو اكتشافاته في البصريات وفسيولوجيا الإبصار على أنها أساس علمه عن فن الرسم، بادئًا بعلم المنظور، وهو الابتكار المتميز لفن عصر النهضة، ويفسر ليوناردو ذلك قائلاً، "يقوم فن الرسم على المنظور، وليس المنظور سوى معرفة شاملة لوظيفة العين".[١٤] وقد تحرك من المنظور ليستكشف هندسة أشعة الضوء (التي تعرف اليوم بالبصريات الهندسية)، وتأثيرات الضوء الساقط على الكرات والأسطوانات، وطبيعة الظل والتباينات، وتجاور الألوان.

وقد صورت هذه الدراسات المنهجية، في تسلسل طويل من الرسومات المعقدة؛ حيث كانت هي الأسس العلمية لمقدرة ليوناردو الفنية غير العادية على فهم أكثر التعقيدات البصرية رقة وإرضاخها، وكان أكثر الأمور شهرة هو ابتكاره وتسيده لفن خاص من التظليل – دمج الظلال المعروف باسم سفوماتو(*) Sfumato – والذي يخلط برقة معالم الأجسام، وبكلمات مؤرخ الفنون دانيال أراس،

> كان التعبير الفائق لعلم فن الرسم وخاصيته الإلهية، سفوماتو لليوناردو هو القوة وراء رسوماته والغموض الذي يبدو أنه ينبثق منها.[١٥]

وفي النهاية قادت هذه الدراسات المتقدمة لتأثيرات الضوء والظل ليوناردو ليبحث باستفاضة طبيعة الضوء نفسها، وبأجهزة غاية في البدائية فقط، استخدم

(*) أحد الفنون الأربعة للرسم من عصر النهضة. (المترجم والمراجع)

ليوناردو مقدرته الفذة على الملاحظة ومقدرته فى التعـرف علـى التـشابه فـي الأنساق، وفهمه الحدسي الهائل للضوء الذي اكتسبه بوصفه رسامًا ليصيغ المفاهيم التي تعارضت كلية مع أفكار معاصريه، لكنها مطابقة تقريبًا لأفكـار كريـستيان هايجنز(*)، الذي اقترح النظرية الموجية الشهيرة للضوء بعد مائتي سنة.(١٦)

الأشكال الحية للطبيعة

بدأت دراسات ليوناردو للأشكال الحية بمظهرها لعينه كرسام، ثـم تحولـت إلى الفحوصات التفصيلية لطبيعتها الذاتية، كانت الموضوعات الرئيسية في علمـه في العالم الكبير هي حركات الماء والهـواء، والأشـكال الجيولوجيـة وتحـولات الأرض، والتنوع النباتي وأنساق نمو النباتات، وكان تركيزه الرئيسي فـي العـالم الصغير على جسم الإنسان – على جماله ونسبه وميكانيكـا حركاتـه، ومقارنتـه بأجسام الحيوانات الأخرى أثناء حركتها، وبصفة خاصة طيران الطيور.

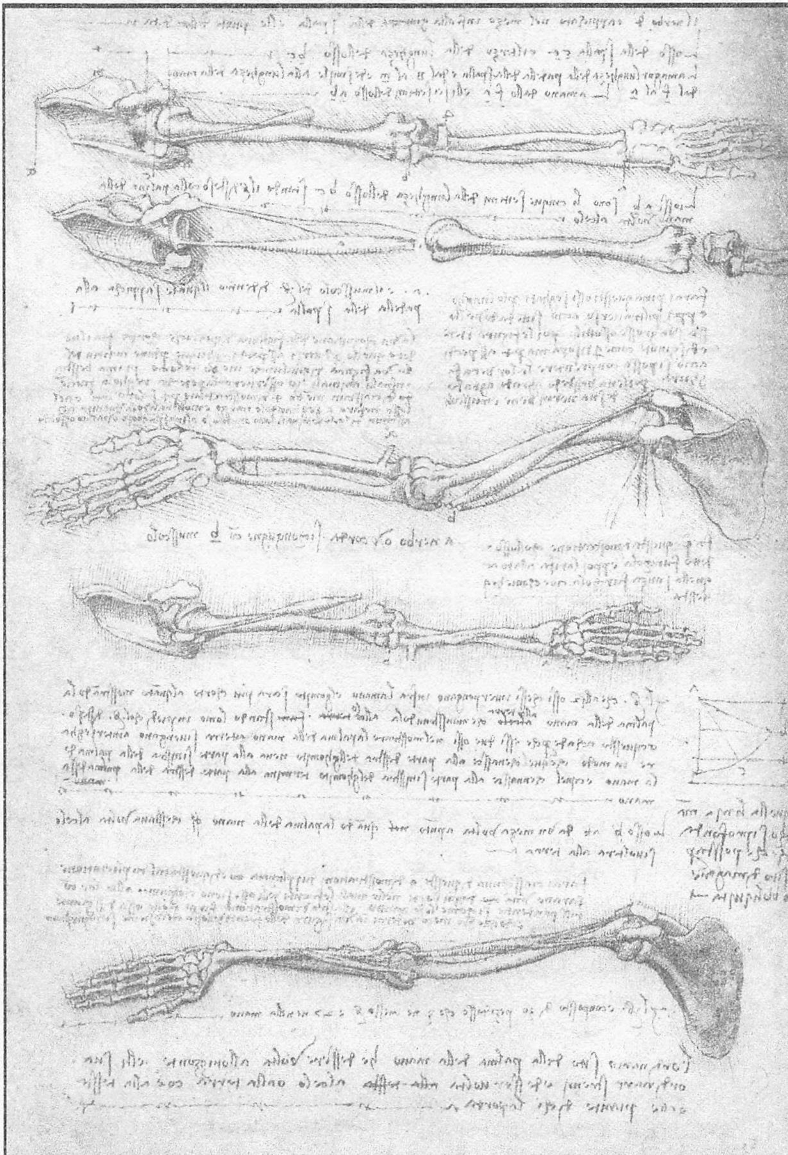
وبالنسبة لليوناردو كان علم الأشكال الحية هو علم الحركة والانتقال، سـواء كان يدرس الجبال أو الأنهار أو النباتات أو جسم الإنسان، ويعني فهم شكل الإنسان فهم الجسم أثناء الحركة، عرض ليوناردو في عدد لا يحـصى مـن الرسـومات المستفيضة والجميلة كيف تعمل الأعصاب والعضلات والأوتار والعظام والمفاصل معا لتحرك الأطراف، وكيف تقوم الأطراف وتعبيرات الوجه بالإشارات والأفعال.

وكما هو الحال دائمًا، استخدم ليوناردو بصيرته التي اكتسبها مـن أبحاثـه المكثفة تلك في رسوماته، وبكلمات دانيال أراس:

(*) كريستيان هايجنز (١٦٢٩ – ١٦٩٥) عالم هولندى متميز فى الرياضيات والفلك والفيزيـاء، وكاتب للخيال العلمى. (المترجم والمراجع).

وبدءًا من رسم المادونا المبكرة، إلـــى البورتريهـــات، وإلـــى سانت جون بابتيست (يوحنا المعمدان) كان ليوناردو يقــبض علـــى الشكل أثناء الحركة، والأثر اللحظي الاستثنائي للوحة العشاء الأخير كان في الأساس راجعًا إلى حقيقة أن ليوناردو قد اســتبدل الترتيـــب التقليدي بتركيب إيقاعي، الذي غير بشكل محسوس الفكـــرة نفـــسها وراء الموضوع.(١٧)

شعر ليوناردو بوصفه رسامًا أنه يجب عليـــه اســـتخدام الإيمـــاءات لرســـم بورتريهات لأطر العقل والعواطف التي تستحثها، وقد أكد على أنه عند رسم شكل الإنسان، كانت المهمة الأكثر أهمية هي "التعبير بالإيماءات عن شغف روحها".(١٨) كان بالتأكيد، لرسم بورتريه تعبير الجسم للروح البشرية، كان أقــصى طموحـــات الفنان، من وجهة نظر ليوناردو، وكانت تلك واحدة من الأمور التي تميز هو نفسه بها، كما تشهد بذلك رسوماته في فترة نضجه، وكما شرحت مؤرخة الفنون إيرمـــا ريتشتار في مقدمة التعليقات على اختياراتها الكلاسيكية من مـــذكرات ليونـــاردو؛ حيث قالت: "جسم الإنسان هو التعبير الظاهري والمرئي عن الجوهر، الذي تـــشكل بواسطة روحه".(١٩) وسنرى أن وجهة النظر تلك للجـــوهر والـــروح، لـــم تفـــسد بانفصال العقل – والجسد والذي سيقدمه رينيه ديكارت في القرن الـــسابع عـــشر، متسق تمامًا مع مفهوم "العقل الباطن" في علم المعرفة اليوم.(٢٠)



شكل ١-١ ميكانيكية الذراع حوالي ١٥١٠ دراسات تشريحية، صفحة من سجلv ١٣٥

وعلى العكس من ديكارت لم يكن ليوناردو يعتقد أن جسم الإنسان آلة، على الرغم من أنه كان مهندسًا ومصمما بارعا صمم عددا لا يحصى من الآلات والابتكارات الميكانيكية، وقد أقر ليوناردو ووثق في وصف متميز أن تشريح الحيوانات والبشر يبين وجود وظائف ميكانيكية (انظر الشكل ١-١)، وقد فسر ذلك بقوله "لا تستطيع الطبيعة منح الحيوانات الحركة دون أجهزة ميكانيكية".[٢١] ولم يعن ذلك له أن الكائنات الحية آلات، وكان يعني فقط أنه لكي يفهم حركات الجسم الحيواني، عليه أن يستكشف مبادئ الميكانيكا، الأمر الذي قام بفعله على مدى عدة سنوات بطريقة مستفيضة ومنهجية، وقد أدرك بجلاء أن وسائل حركات الجسم كانت ميكانيكية، لكن بالنسبة لليوناردو، كانت أصول الحركة تقع في الجوهر، والذي لم تكن طبيعته ميكانيكية بل روحية.[٢٢]

ميراث ليوناردو

لم ينشغل ليوناردو بدراسة العلم والهندسة ليتحكم في الطبيعة، كما دعا لذلك فرانسيس بيكون بعد قرن من الزمان، كان يكن احترامًا عميقًا للحياة، وعاطفة جياشة خاصة للحيوانات، وهلعًا وتوقيرًا كبيرًا لتعقيدات الطبيعة وانتشارها، وبينما كان هو نفسه مخترعا ومصمما بارعًا، فقد كان يعتقد دائمًا أن عبقرية الطبيعة أسمى كثيرا من تصميم البشر، وقد شعر أنه من الحكمة أن نحترم الطبيعة ونتعلم منها، وهو الموقف الذي عاد للظهور اليوم في ممارسة التصميم الإيكولوجي.[٢٣]

كانت إبداعات ليوناردو في الفن والعلم مدمجة مع إدراك عميق للإيكولوجيا وفكر المنظومات، ولم يكن من الغريب أن يتكلم ليوناردو بازدراء كبير عمن يسمون "بالمختصرين"، وهم مختزلو زمانه:

> تسبب أعمال المختصرين الأذى للمعرفة والحب....
> فما قيمة الشخص الذي يترك الجزء الأكبر من الأشياء، التي يتكون منها الكل، وذلك من أجل اختصار أجزاء من هذه الأشياء، التي يقر هو بأنها تقدم المعرفة التامة؟ ... يا لغباء البشر! ... وبذلك فإنك لا ترى أنك تقع في الخطأ نفسه الذي يقع فيه الشخص الذي ينزع الفروع الممتلئة بالأوراق والزهور المتداخلة فيها أو الفواكه، عن شجرة ليثبت أن تلك الشجرة صالحة لصنع عروق الخشب.(٢٤)

وتكشف هذه المقولة عن شهادة لطريقة ليوناردو في التفكير وكذلك عن تنبؤ منحوس، واختزال جمال الحياة إلى أجزاء ميكانيكية وتقييم الأشجار فقط لأخشابها، تشخيص دقيق ومخيف لمنحى في التفكير يسيطر علينا هذه الأيام، ومن وجهة نظري، يجعل ذلك ميراث ليوناردو مناسبا أكثر لزماننا.

أصبحت علومنا وتقنياتنا ضيقة بشكل متزايد في تركيزها، ولم نعد قادرين على فهم مشاكلنا متعددة الأوجه من منظور متعدد المناهج، ونحتاج بشكل عاجل إلى علم يوقر ويحترم وحدة كل الحياة، ويقر بالاعتماد الأساسي المتداخل لكل ظواهر الحياة، ويعيد ارتباطنا بالأرض الحية، وما نحتاج إليه اليوم هو بالضبط نوع التفكير والعلم الذي استبق به ليوناردو وخطط له منذ خمسمائة سنة مضت، في أوج عصر النهضة وفجر العصر العلمي الحديث.

الباب الأول

ليوناردو الإنسان

الفصل الأول
نعمة لانهائية

الصورة الأدبية المبكرة لليوناردو دافينشي، التي ما زالت الأكثر إثارة لمشاعري، هي تلك التي رسمها الرسام والمعماري جيورجيو فاساري من توسكاني في كتابه الكلاسيكي "حياة الفنانين *Lives of Artists*"، والمنشور في ١٥٥٠[١]. كان فاساري في الثامنة من عمره عندما توفى ليوناردو، لكنه جمع المعلومات حول هذا الأستاذ من العديد من الفنانين الذين عرفوه ويتذكرونه جيدًا، وعلى وجه الخصوص فرانشيسكو ميلزي، صديق ليوناردو وأحد حوارييه، كان الجراح وجامع الفنون باولو جيوفيو أحد معارف ليوناردو، قد كتب نعيا قصيرًا غير مكتمل ويشغل صفحة واحدة فقط.[٢] ولذا فإن الفصل من كتاب فاساري بعنوان "حياة ليوناردو دافينشي" هو أقصى ما نستطيع الحصول عليه من عمل معاصر.

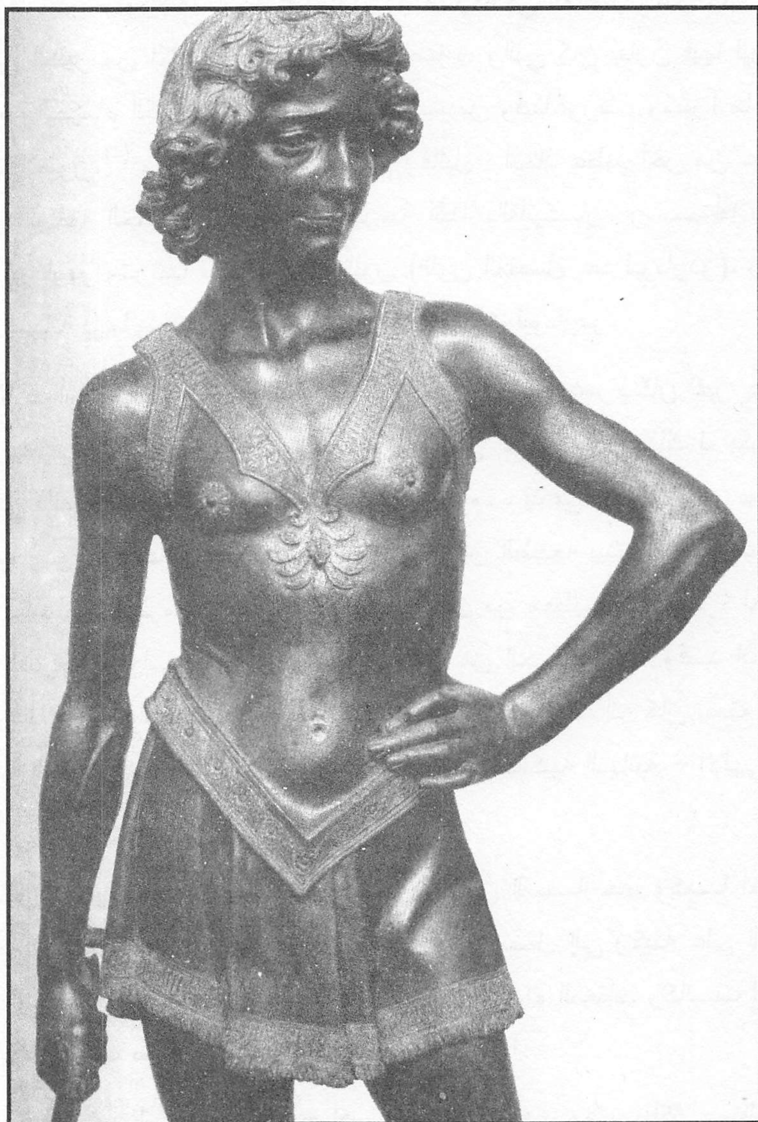
وإلى جانب كون فاساري رساما ومعماريا متمكنا، فقد كان حريصا على جمع اللوحات الفنية لمشاهير الفنانين والحكايات التي تروى عنهم، وقد اقترح عليه جيوفيو أثناء حفل عشاء بروما فكرة كتاب عن تاريخ الفن الإيطالي من القرن الثالث عشر حتى القرن السادس عشر.[٣] أصبح الكتاب من أفضل المبيعات عندما نُشر أول مرة واستمرت شعبيته الطاغية عبر القرون، الأمر الذي يعود إلى حيوية الصور وألوانها لهذا المؤلف والتي امتلأت بالنوادر الرائعة، وخلال سلسلة من القصص الشيقة حول حياة فنانيها العظماء، كان كتاب فاساري يصور الطبيعة الثورية لعصر النهضة الإيطالي، وعلى الرغم من الكثير من عدم الدقة، والميل نحو الرجوع إلى الأساطير والمبالغة في التبجيل، تظل أعمال فاساري المصدر الرئيسي لأي شخص يهتم بدراسة تلك الفترة من الفن والثقافة الأوربية.

النوعية والمظهر

كانت الفقرات الافتتاحية في فصل كتاب فاساري عن ليوناردو- إعلانا مؤكدا عن نوعية الأستاذ ومظهره الاستثنائيين:

في معترك الأحداث العادية يولد كثير من الرجال والنساء مزودين بصفات ومواهب متميزة لكن بين حين وآخر، وبطريقة تتفوق على الطبيعة، يأتي شخص واحد موهوب بالجمال والنعمة والموهبة من السماء بشكل رائع ووافر، الأمر الذي يترك الرجال الآخرين خلفه بمسافة بعيدة، وتبدو جميع أفعاله ملهمة، وبالقطع يأتي كل شيء يقوم به بوضوح من الرب، وليس من فنون البشر.

وقد أقر كل إنسان بأن ذلك صحيح بالنسبة لليوناردو دافينشي، فنان مزود بجمال جسماني غير عادي، ويظهر فضائل لا نهائية في كل شيء يفعله، والذي استثمر عبقريته ببراعة حتى إن كل المشاكل التي درسها قد حلها بسهولة ويسر، وقد امتلك قوة وبراعة عظيمة، وكان رجلاً ذا روح فخمة وسعة أفق هائلة، وأصبح اسمه من الشهرة لدرجة أنه لم يكرم فقط أثناء حياته، بل استمرت شهرته حتى أصبح أكثر عظمة بعد وفاته.



شكل ١-١: أندريا ديل فيروتشيو، دافيد (داوود)، المتحف القومي بفلورنسا.

وقد تبدو صورة فاساري عن ليوناردو مسرفة في العاطفية، لكن كان وصفه يتردد في الكثير من الأعمال والمراجع المعاصرة، والتي كان يُقارن فيها ليوناردو بالعباقرة والحكماء الكلاسيكيين القدامى - أرشميدس وفيثاغورث، وكثيرا ما كان يقارن بأفلاطون.(٤) وفي الواقع عندما رسم رفائيل- أستاذ عظيم آخر من عصر النهضة- لوحته الجصية (الفريسكو) "مدرسة آثينا" بالفاتيكان، رسم أفلاطون بملامح ليوناردو ومرتديا سترة وردية اللون (اللون المفضل عند ليوناردو)، رافعا إصبعه السبابة بإيماءة مميزة معروفة جيدًا عن لوحات ليوناردو.

لا بد أن جمال ليوناردو الجسدي في شبابه وأواسط عمره كان غير عادي كما ذكر ذلك كل المعلقين عليه من معاصريه، على الرغم من أن ذلك لم يكن أمرا معتادا في ذلك العصر، وقد تعجب كاتب غير معروف يدعى بـ"الأنونيمو جاديانو، "كان ليوناردو غير عادي متعدد الجوانب لدرجة أن الطبيعة يبدو أنها قد صنعت معجزة فيه، ليس فقط من ناحية جمال شخصه، بل من معطيات كثيرة أخرى وهبتها الطبيعة له واستخدمها هو بالحد الأقصى من الحرفية".(٥) وقد اندهش الآخرون بالاندماج الفريد للقوة الجسمانية والفضيلة التي يبدو أنه كان يتمتع بها، وقد أشار إليه كثير من المؤلفين، ومن بينهم فاساري، بالكنية النهائية - الإلهي el divino.

كان ليوناردو في شبابه يفضل ارتداء الملابس الصارخة، وكما أخبرنا "الأنونيمو جاديانو" كان يرتدي عباءات وردية اللون تصل إلى ركبته على الرغم من أن الرداء الكهنوتي الطويل في ذلك الوقت هو الرداء المعتاد. وكانت لحيته تصل إلى منتصف صدره وكانت مجعدة وممشطة جيدًا.

وعندما شب ليوناردو وأصبح أكبر سنا، أخذ يرتدي ملابس أكثر تقليدية، لكنه ظل دائمًا أنيقًا ومهذبا، وقد وصفه باولو جيوفيو بأنه "الحكم في كل المسائل المتعلقة بالجمال والأناقة، وخاصة الأبهة"، ووصف ليوناردو نفسه للتهذيب الدفين للرسام تتكشف في الآتي:

> يجلس الرسام أمام عمله في سهولة متناهية مرتديا أفضل ما عنده، مسيطرًا على فرشاة خفيفة جدًا، ومستخدما ألوانا رقيقة، ويزين نفسه بالملابس التي يهواها؛ بيته نظيف يمتلئ بصور ممتعة، وكثيرا ما يصاحبه الموسيقى أو قراءة مختلف الأعمال الجميلة(٦).

ولا توجد صور مؤكدة لليوناردو في شبابه، لكن هناك بعض الأقاويل عن أنه كان موديلا للعديد من الملائكة والأشكال الشبابية الأخرى المرسومة بواسطة فناني عصر النهضة، وأكثر هذه الأشكال وثوقا هو المراهق المحبوب دافيد المنحوت بواسطة أندريا ديل فيروتشيو عندما كان ليوناردو تلميذه (انظر الشكل ١-١)، وبكل تأكيد فإن القوام الممشوق والشعر المموج والوجه الجميل بشكل أخاذ يطابق الأوصاف المعاصرة لليوناردو الشاب، ويشير مؤرخو الفنون إلى أن الكثير من خصائص وجه التمثال يبدو أنها تبشر بتلك الخصائص في البورتريهات المعروفة جيدًا للأستاذ في كبره.(٧)

وهناك القليل من البورتريهات لليوناردو عندما كان متقدما في السن، والكثير منها تبجله كحكيم موقر.(٨) والبورتريه الأكثر أصالة الذي يعتبر البورتريه الذاتي الوحيد الموجود لليوناردو، أخاذ بكل التفاصيل ومرسوم بالطباشير الأحمر، والذي رسمه وهو في عمر يناهز الستين عاما، على الرغم من أنه يبدو في سن أكبر من ذلك (انظر الشكل P-1 في صفحة xxii)، وتوجد هذه اللوحة في بيبليوتيكا ريال (المكتبة الملكية) في تورينو، وتعرف باسم البورتريه الذاتي لتورينو، وقد تأثرت اللوحة بشدة، لسوء الحظ، نتيجة تعرضها على مدى قرون للهواء والضوء، واللوحة مغطاة الآن بما يسمى "بقع ثعلبية fox marks" (بقع بنية صدئة تسببت فيها الرطوبة الزائدة والتراكم المتعاقب لأملاح الحديد)، ونادرا ما تعرض اللوحة للجمهور.

وعلى الرغم من حالتها المتردية، فإن البورتريه الذاتي لتورينو، والتي طبعت في ملصقات وكتب لا حصر لها، لها تأثير قوي على المشاهد، ويصدق ذلك بصورة أشد إذا كان الشخص محظوظا ليمضي بعض الوقت مع الأصل، ومشاهدا إياه من زوايا ومسافات مختلفة، مكتشفًا التعبيرات المعقدة والرقيقة، وقد رسم ليوناردو هذا البورتريه في وقت حظى فيه بعدم التيقن وعدم الرضا الشخصي، وكان مدركا تمامًا أن الجزء الأكبر من حياته قد ولى؛ ضعفت عيناه وانهارت صحته، كان يقيم في ذلك الوقت بروما، حيث كان موضع توقير، فإنه كان قد بدأ يصبح فنانا ولى زمانه، محجوبا بالمنافسين الأصغر مثل رفائيل ومايكل أنجلو، الذين كانوا في أوج نشاطهم وكانوا المفضلين في البلاط البابوي.

تنعكس الأوقات غير السعيدة في بورتريه ليوناردو الذاتي في خطوط عدم الرضا أو ربما الازدراء الموجودة حول الفم، ومع ذلك، فتحت الحواجب الغزيرة والجبهة العظيمة، كانت عيناه – "نافذتا الجوهر" – قد احتفظت بشدة تأمله (التام) وكذلك بالسكون العميق، وبالنسبة لي كان التعبير الناتج عن ذلك هو الذكاء الحاد القوي، المحكوم بالحكمة والعاطفة.

وعلى مدار السنين لم يصبح البورتريه الذاتي لتورينو هو الصورة الأيقونية الوحيدة لليوناردو، بل نموذجا متعلقا بالحكيم المسن على مدى قرون بعده، وقد كتب مؤرخ الفنون كينيث كلارك يقول: "يشبه هذا الوجه الذي مثل الجبل المتغضن بحواجبه الثقيلة وعينيه الغائرتين ولحيته التي مثل سفح الجبل المتعرج، يشبه وجوه كل الرجال العظماء من القرن التاسع عشر كما حفظتها لنا آلة التصوير – داروين، وتولستوي، وولت ويتمان".(٩)

والخاصية التي لا تظهر في البورتريه الذاتي لليوناردو، لكن دائمًا كان يذكرها معاصروه، هي طبيعته الطيبة والرقيقة، وبكلمات الدوقة إيزابيلا ديست "رقة النسيم هذه واللطف التي تميزه بشكل كبير"، وقد كتب فاساري "كانت طبيعة ليوناردو محبوبة لدرجة أنه أجبر كل شخص أن يحبه"، وأضاف: "كان كريما

لدرجة أنه كان يأوى كل أصدقائه ويطعمهم، أغنياءهم أو فقراءهم. وقد كان أيـضا مسهبا وجذابا في حواراته، وفي الحقيقة، ادعى فاساري أنه كان مقنعا لدرجة أنـه يستطيع أن "يحول الناس الآخرين تجاه ما يرغبه هو".

دمج ليوناردو رقة وجاذبية طبيعته تلك مع القوة الجسمانية العظيمة، وكـان في شبابه على ما يبدو رياضيا تماما، "وكان ماهرا جدا في رفع الأثقال "كما يخبرنا أنونيمو جاديانو، كما كان خيالا ماهرا كذلك، ووفقا لفاساري، "كـان مـن القـوة الجسمانية بحيث يستطيع تحمل أي عنف، وكان يستطيع بيده اليمنـى ثنـي حلقـة حديدية لقبضة جرس الباب، أو حدوة الحصان، كما لو كانت مصنوعة مـن مـادة الرصاص"، قد يكون فاساري مبالغا في قوة ليوناردو (ونحن نعرف أن ليونـاردو كان أعسر)، فإن بطولته الرياضية فيما يبدو كانت معروفة تماما.

وأثناء إقامته في ميلانو، كان يمتع البلاط بالحكاوي والأغاني والحـوارات الشيقة، وكما أخبرنا باولو جيوفيو "كان يغني بشكل جميل مصاحبا عزفه الخـاص على القيثارة؛ مما كان يسعد كل البلاط"، لكن ليوناردو كان يتابع أبحاثـه بتركيـز مكثف، وكان يحتاج بين الحين والآخر إلى أن يهرب ليقضي فترات طويلـة مـن الوقت بمفرده، وقد كتب في "رسالة حول فن الرسم"، "الفنان أو المصمم لا بـد أن يكون انعزاليا"، وأضاف "وخاصة عندما يكـون عاكفـا علـى تلـك المقترحـات والاعتبارات التي تظهر لعينيه باستمرار، ويوصل المادة إلى الذاكرة ليتم الاحتفاظ بها جيدًا".[١٠] وفترات الانعزال والانفراد المتكررة التي كان يقضيها فـي التأمـل والملاحظة المستدامة للطبيعة، قد ساهمت على الأرجح في جو الغمـوض الـذي أحاط به.

سمات الشخصية

أظهر ليوناردو على مدار حياته جوا من الثقة بالنفس الهادئة؛ مما ساعده على التغلب على الإخفاقات والإحباطات المهنية برباطة جأش، ومكنه من متابعة أبحاثه في هدوء حتى في أوقات الاضطرابات السياسية الكبرى، كان على دراية تامة بعبقريته ومهارته الفريدة، فإنه لم يتفاخر بها أبدًا، ولم يظهر قط في مذكراته أي تفاخر بأصالة مخترعاته أو اكتشافاته، ولا تفاخر بسمو أفكاره حتى عندما كان يشرح كيفية اختلافه عن المعتقدات التقليدية، كان افتقاد الغطرسة والأنا ملحوظة بكل تأكيد.

وكانت الخاصية الأخرى التي تميزه هي حبه للحياة ولكل الأشياء الحية، وقد انغمس في دراسة الأشكال الحية ليس فقط فكريا، بل عاطفيا كذلك، كان لديه مهارة وتوقير تجاه إبداع الطبيعة، وكان يشعر بعاطفة خاصة نحو الحيوانات، وكان حبه للخيل معروفا لدى معاصريه، ومن الممكن رؤية ذلك الحب في لوحاته؛ حيث استخدم مقدرته الحادة على الملاحظة لتوصيل حركات الحيوانات "والنسب النبيلة" بتفاصيل فاتنة، ويزعم فاساري أن ليوناردو كان يحتفظ دائمًا بالخيول، وعلى نفس القدر من الروعة، ما يرويه فاساري في القصة المشهورة عن شراء ليوناردو للطيور من السوق لكي يتمكن من إطلاق سراحها:

وكثيرا ما كان عندما يسير مارا بأماكن بيع الطيور، كان يدفع سعرها ثم يأخذها من أقفاصها ويطلقها لتطير في الهواء مانحا إياها حريتها المفقودة.

وكان حبه للحيوانات هو السبب أيضا في أن أصبح نباتيا – شيء لم يكن مألوفا في إيطاليا في عصر النهضة، ولذلك كان أمرًا ملحوظًا على نطاق واسع، وكان تبرير ليوناردو لكونه نباتيا يربط موقفه الأخلاقي الحازم بملاحظاته العلمية المتقدة، وكان يدفع بأن الحيوانات على خلاف النباتات، تشعر بالألم؛ لأنها قادرة على الحركة، ولم يرغب في أن يسبب لها الألم والمعاناة بقتلها من أجل الطعام:

> رتبت الطبيعة أن يكون للكائنات الحية المزودة بالقدرة على الحركة الشعور بالألم لكي تحافظ على تلك الأجزاء التي قد تتلاشى أو تهلك عن طريق الحركة، أما الكائنات الحية التي ليس لها القدرة على الحركة، فليس عليها أن تقام في مواجهة أي أشياء مضادة، ولذلك لا ضرورة للألم في النباتات، وعليه فإنها عندما تتكسر لا تشعر بالألم كما هو الحال في الحيوانات.[١١]

وبعبارة أخرى، ففي ذهن ليوناردو أن الحيوانات تطور حساسية للشعور بالألم لأنها تمنحه ميزة منتقاة لتجنب الإصابة أثناء حركته.

كان ليوناردو بكل المقاييس رجلا ذا رقة غير عادية، وكان لديه عاطفة هائلة نحو معاناة الناس والحيوانات، كان معارضا للحرب بشكل عنيف، والتي كان يطلق عليها Pazzia bestialissima ("أقصى حالات الجنون الوحشي")، ومن هذا المنطلق، يبدو أن هناك تناقضا حيث إنه قد تقدم بخدماته كمهندس حربي للحكام المختلفين في زمانه.

ومن الممكن أن يأتي جزء من الإجابة على هذا التناقض من موقفه البرجماتي عندما يتعلق الأمر بتأمين دخل ثابت يسمح له بمتابعة أبحاثه العلمية، وبموهبته غير العادية في تصميم آلات من جميع الأنواع، ومن منطلق العدد اللانهائي من غرمائه السياسيين والمعارك في شبه الجزيرة الإيطالية، أقر ليوناردو وبدهاء أن وظيفته كمهندس ومعماري حربي استشاري، كانت واحدة من أفضل الوسائل لضمان استقلاله المالي.

ومع ذلك، يتضح أيضا من مذكراته أنه كان مأخوذا بآلات الحرب المدمرة، وربما بنفس الطريقة التي كان مأخوذا بها تجاه الكوارث الكبرى والمصائب، كان يمضي أوقاتا طويلة في تصميم ورسم آلات التدمير – المدافع والقنابل المتفجرة، والمنجنيق، والأقواس العملاقة، وأشياء من هذا القبيل، حتى على الرغم من أنه ظل معارضا بشكل راسخ للحرب والعنف.

ويشير مؤرخ السيرة سيرج براملي إلى أن ليوناردو على الرغم من السنوات العديدة التي قضاها كمهندس حربي، فإنه لم يشارك أبدًا في عمليات هجومية، وكانت أغلب نصائحه تتكون من تصميم البنى للدفاع والمحافظة على المدن صغيرها وكبيرها.[١٢] وقد اقترح أثناء المواجهة بين فلورنسا وبيزا تحويل نهر آرنو كوسيلة لتجنب معركة دموية، ثم أضاف بأن ذلك لا بد أن يتبعه شق مجرى مائي صالح للملاحة قد يوفق بين المتحاربين ويجلب الرفاهية لكلتا المدينتين.

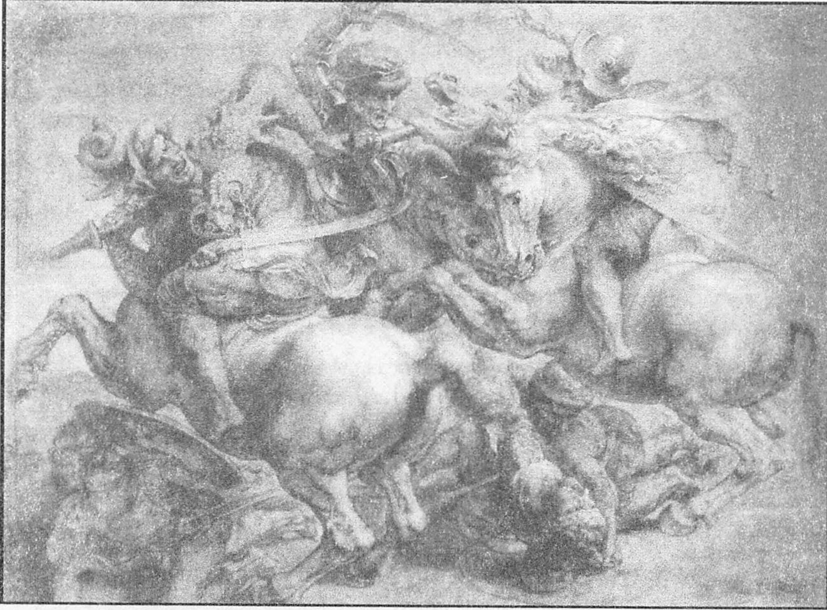
كانت إدانة ليوناردو للحرب أكثر وضوحا من الوصف الطويل والتفصيلي لكيفية رسم معركة، والذي كتبه عندما كان في أواخر الثلاثينيات من عمره، وتكشف حتى المقتطفات القليلة من كتاباته، والتي تقع في العديد من الصفحات، كيف عزم الفنان بشكل قوي على تصوير فظائع الحرب:

> سترسم أولا دخان المدفعية، مختلطا في الهواء مع الغبار الناتج من اضطراب الجياد والمحاربين .... وليمتلئ الهواء بالسهام من جميع الأنواع، بعضها يتجه إلى أعلى والبعض الآخر يتساقط، وآخر يسير في خط مستقيم. وستترك الرصاصات، التي تطلقها الأسلحة النارية- ذيولا من الدخان خلفها ... فإذا رسمت رجلا قد سقط على الأرض، فعليك أن تعيد إظهار آثار انزلاقه في الغبار، الذي تحول إلى وحل ملطخ بالدم ... ارسم حصانا يجر جسد فارسه الميت، تاركا خلفه في الغبار والوحل المسار الذي سحب عليه الجثة.

> أظهر المهزوم والمقهور بلون باهت، بحواجبه المرفوعة والمنسوجة، والجلد فوق الحواجب متغضن بالألم... ولتمثل الآخرين وهم يصيحون بأفواه فاغرة تماما وهم يركضون ...؛ مع آخرين يعضون على نواجزهم وهم يعانون سكرات الموت، تدور عيونهم في محاجرها، وقبضات أيديهم مضمومة إلى صدورهم، وسيقانهم ملوية بشدة.(١٣)

وبعد أن كتب ليوناردو ذلك بعقد من السنوات، وكان سنه قد تجاوز الخمسين، وفي ذروة شهرته، حصل على عمولة لرسم جدارية هائلة، منحته الفرصة لترجمة كلماته إلى فعل، وقد قررت السيجنوريا، حكومة مدينة فلورنسا، أن تخلد انتصاراتها العسكرية بأن تزين قاعة مجلس المدينة بلوحتين جصيتين تصور انتصاراتها في معركتين تاريخيتين – ضد ميلانو في أنجياري، وضد بيزا في كاسينا، وكلفت السيجنوريا ليوناردو بعمل اللوحة الجصية الأولى، وكلفت بالأخرى غريمه الشاب مايكل أنجلو.

كانت لوحة معركة أنجياري أهم عمل عام تم تكليف ليوناردو به على الإطلاق، وقد أكمل الرسم التخطيطي المبدئي في غضون سنة كما نص عقده على ذلك، ثم أمضى أكثر من نصف عام يرسم المشهد المركزي للوحة الجصية، الذي كان عبارة عن مجموعة من الفرسان يقاتلون من أجل راية، وبسبب بعض المشاكل التقنية التي نتجت عن الانهيار السريع للجدارية، فإنه لم يكمل قط هذه اللوحة الهائلة، (كما غادر مايكل أنجلو فلورنسا إلى روما ليرسم اللوحات الجدارية في سقف كنيسة السيستين دون أن يبدأ في رسم لوحة معركة كاسينا)، وقد ظل الجزء المركزي لتركيبة ليوناردو، والمعروف باسم "المعركة من أجل الراية" على حائط قاعة المجلس في قصر فيتشيو قرابة ستين عاما قبل أن تزيل السيجنوريا في النهاية آخر ما تبقى من آثارها، وأثناء تلك العقود، كانت تبهر المشاهدين وتم نسخها بواسطة العديد من الفنانين الكبار من عصر النهضة.



شكل (١-٢) رسم بيتر بول روبنز عن ليوناردو. المعركة من أجل الراية، حوالي ١٦٠٠-١٦٠٨، متحف اللوفر، باريس.

وقد ترك ليوناردو الكثير من الرسومات التمهيدية للوحة معركة أنجياري، التي كون منها مؤرخو الفن التركيبة العامة للوحة.[١٤] وبينما كان ليوناردو ينوي أن يقدم مجريات المعركة بوضوح شديد ودقة تاريخية، فقد استخدم المشهد المركزي كمقولة رمزية تكشف عن الحمق "والجنون الوحشي" للحرب.

والنسخة الرائعة من "المعركة من أجل الراية" التي رسمها بيتر بول روبنز (شكل ١-٢) موجودة في اللوفر، تبين تركيب ليوناردو المحكم الخارق للعادة للعراك المضطرب، والذي بكلمات فاساري "حمق وكراهية وثورة تظهر في الرجال والخيول كذلك" وفضلا عن ذلك، وبرسمه ملابس المحاربين بشكل مسرحي غير واقعي بدلاً من الملابس العسكرية الحربية قدم ليوناردو الخاصية الرمزية للمشهد مؤكدا إعلانه الفني لمقته للعنف، ولو كان قد أكمل اللوحة الجصية، ولو كانت قد نجت لوقفت على قدم المساواة مع لوحة "جويرنيكا" لبيكاسو كواحدة من أقوى الإدانات في عالم الفن، لحماقة الحرب.

التكتم والتناقضات

كان مما يثير سخط مؤرخي السيرة، المهمة الخادعة لتقديم صورة واضحة لليوناردو الإنسان، كان منفتحا على العالم، وبليغا وجذابا، لكنه كان أيضا انعزاليا معتادا على قضاء فترات طويلة في تركيز مكثف، وكان يملك ذهنا عمليا عظيمًا، ويتمتع بسرد الحكاوي والاستعارات والقصص الخيالية.[١٥] وكان يظهر قوة جسمانية وفحولة، كما كان يتمتع بأناقة عظيمة وفضيلة أنثوية، وكما كان يعلق سيرج براملي "في حالة ليوناردو، يبدو أن لكل شيء وجهين".[١٦]

لم يكن ليوناردو يجسد فقط التوير الديناميكي بين المفارقات التناقضية في شخصيته، ولكنه كان كذلك مأخوذا بالمتضادات طوال حياته، فبينما كان يبحث عن معيار النسب المثالية للإنسان، كان منجذبا بغرابة إلى المظاهر المتنافرة، ويروي

فاساري "كان ليوناردو يحب قسمات الوجه الغريبة، ذات اللحى والشعر الهمجـــي." ويضيف: "قد يتبع شخصا ما لفت انتباهه طوال اليوم، ثم يحتفظ بمظهره في ذاكرته بشكل جيد، لدرجة أنه عند وصوله إلى بيته يستطيع أن يرســمه كمـــا لـــو كـــان الشخص ماثلاً أمام عينيه".(١٧)

قام ليوناردو برسم العديد من مثل هذه "الغرائب" التي حظيت بشعبية كبيـــرة في زمانه، وكانت البشائر للرسوم الكاريكاتورية المشهورة في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، وربما كان أكثر الرسومات الكاريكاتورية نمطية لليونـــاردو هـــي لرجل متقدم في السن، أصلع، حازم، ذي أنف عابس على شـــكل "كـــسارة بنـــدق" والذي كان يجاور على الصفحة نفسها سمات أنثوية شابة ناعمة وجميلـــة، وتمثـــل الشيخوخة والشباب، والفحولة والنعومة تداخل المتضادات – ليانج ولين كما تقـــول الفلسفة الصينية – الأخاذة في شخصية ليوناردو وفنه.

وقد قاد ليوناردو الفنان افتتانه بالأشكال الغريبة ليبتكر أكثر الأمور الخارقة للعادة، التي كثيرا ما تكون مرعبة، والمقالب التي أمتعت رجال البلاط في ميلانـــو وروما، ويخبرنا فاساري أن ليوناردو تحصَّل على سحلية كبيرة في البلاط البابوى بروما، التي قام بإلصاق "باستخدام خليط من الفضة، بعض الأجنحة المصنوعة من قشور منزوعة من سحالي أخرى؛ مما جعلها ترتعش أثناء سيرها، ويضيف إلـــى هذه السحلية عيونا وقرونا ولحية واستأنسها ثم حفظها في صندوق تعوَّد أن يريهـــا لأصدقائه ويخيفهم لدرجة الهلع"، وفي مناسبة أخرى، وفقا لفاساري، قام ليونـــاردو بتنظيف وحك أمعاء عجل و"جعلها رقيقة جدا لدرجة أنه يمكن ضغطها في قبـــضة يد واحدة، ثم ربط أحد طرفي تلك الأمعاء إلى زوج من المخدات في حجرة أخرى، وعندما تمتلئ بالهواء فإنها تملأ الحجرة الموجودة فيها، وتجبر أي إنسان في هـــذه الحجرة أن ينزوي في ركن من الحجرة"، وقد ارتكـــب ليونـــاردو مـــرارًا مئـــات الخزعبلات من هذا النوع.

وقد زادت صعوبة تقديم بورتريه متسق لليوناردو دافينشي نتيجة كونه كتوما جدا فيما يتعلق بأفكاره ومشاعره الشخصية، وفي آلاف صفحات المخطوطات التي وصلتنا هناك بالكاد والقليل عن حياة ليوناردو العاطفية. ولم يرد إلا القليل جدا من ذكر أي شيء عاطفي نحو أي إنسان سواء من العائلة أو الأصدقاء، وليس هناك أي شيء يشير إلى إحساسه بالناس أو الأحداث في زمانه، وبينما كان أستاذًا في التعبير عن العواطف بالغة الرقة في لوحاته، يبدو أن ليوناردو كان يحتفظ بمشاعره الشخصية لنفسه.

وتنسحب هذه السرية كذلك على حياته الجنسية، ومن المفترض على نطاق واسع أن ليوناردو كان مثليا، فإنه ليس هناك برهان محدد حول مثليته، وقد أشار مؤرخو الفن لسمات عديدة في رسوماته وكتاباته التي قد تبين أنه يميل للرجال، وغالبا ما كان يشار إلى أنه لا يوجد أي أثر لامرأة في حياة ليوناردو، بينما من المعروف جيدا عنه أنه كان محاطا دائما بشباب غاية في الجمال.[١٨] ولكن على الرغم من وجود الكثيرين من المعروفين للجميع كمثليين وناجحين كفنانين فلورنسيين في عصر النهضة، فإن ليوناردو كان كتوما حول حياته الجنسية كما كان حول أمور أخرى من حياته الشخصية.

كان ليوناردو كتوما بنفس القدر حول الأعمال العلمية، فعلى الرغم من أنه كان ينوي نشر نتائج أبحاثه في النهاية، فإنه احتفظ بها مخبأة طوال حياته كلها، فيما يبدو تخوفا من سرقة أفكاره.[١٩] وفي ميلانو صمم ليوناردو مرسمه مزودًا بمنصة لأعماله يمكن إنزالها إلى الطابق الأسفل عبر الأرضية، باستخدام بكرات وأوزان مقابلة ليخفي تلك الأعمال عن أعين الفضوليين في أي وقت لا يعمل فيه.[٢٠]

وقد تم إنجاز الكثير في هذا الشأن حول حقيقة أن ليوناردو الذي كان أعسر، قد كتب كل مذكراته من اليمين إلى اليسار بصورة مرآة معكوسة. وفي الحقيقة كان في إمكانه الكتابة بكلتا يديه وفي الاتجاهين، لكن-مثل كثير من العسراء- ربما كان يجد الأمر أسهل وأسرع أن يكتب من اليمين إلى اليسار عندما كان يدون مذكراته

الشخصية، وعلى الجانب الآخر، كما أشار براملي، بأن طريقة الكتابة غير العادية تلك قد وافقت تماما مزاجه نحو السرية أيضا.[٢١]

والسبب الرئيسي وراء عدم مشاركة ليوناردو لمعرفته العلمية مع آخرين، على الرغم من أنه كان يشارك زملاءه الفنانين ومريديه في معلوماته عن فن الرسم؛ لأنه كان يعتبر رأسماله الفكري – أساس مهاراته في الهندسة والصناعة المسرحية، إنها المصدر الرئيسي لدخله المنتظم، وربما كان تخوفه من المشاركة في نوع هذه المعرفة أن ذلك قد يقلل من فرصته في وظيفة مستقرة.

وفضلا عن ذلك، لم ير ليوناردو العلم كمشروع جماعي كما نراه الآن، وبكلمات تشارلز هوب مؤرخ الفنون والكلاسيكي، "لم يكن ... لديه فهم حقيقي للطريقة التي تنمو بها المعرفة على أنها عملية تراكمية وتعاونية كما يتضح أنها نفس الحالة في معظم المشاريع الفكرية في وقته، لاستعادة الميراث الفكري القديم".[٢٢] لم يتلق ليوناردو تعليمًا رسميا، ولم يكن في استطاعته قراءة الكتب الفكرية باللاتينية في ذلك الزمان، لكنه درس الترجمات الإيطالية عندما أتيح له الحصول عليها، كان يبحث عن المفكرين في المجالات المتنوعة ليستعير الكتب ويستخرج المعلومات، لكنه لم يكن يشركهم في اكتشافاته – ولا حتى في محاوراته، لحد علمنا، ولا في مراسلاته أو أعماله المنشورة.

كان تكتم ليوناردو لهذه الأعمال العلمية هو الأمر المميز الوحيد الذي لا يجعله عالما بالمعنى الحديث، ولو كان ليوناردو قد أشرك اكتشافاته وناقشها مع المفكرين في عصره، ربما كان تأثيره على التطورات المتعاقبة للعلوم الغربية له نفس الأثر العميق لتأثيره في تاريخ الفن، وكما اتضح، كان له تأثير طفيف على العلماء الذين أتوا بعده؛ لأن أعماله العلمية كانت مخبأة في حياته وظلت حبيسة مذكراته لفترة طويلة بعد وفاته، وكما عكس ذلك كينيث كيل الباحث البارز المتخصص في أعمال ليوناردو، "لم تكن العزلة الفكرية لليوناردو والفنان – العالم، سائدة فقط مع معاصريه بل امتدت لقرون".[٢٥]

علامات العبقرية

وحيث ينظر إلى ليوناردو دافينشي على نطاق واسع على أنه النموذج الأصلي للعبقرية، فمن المفيد أن نسأل أنفسنا: ما الذي يعنيه هنا المصطلح؟ وعلى أي أساس نبرر تسميتنا لليوناردو على أنه عبقري، وكيف يمكن مقارنته بفنانين وعلماء آخرين معروفين على أنهم عباقرة؟

لم يكن مصطلح عبقري أثناء عصر ليوناردو له نفس مدلولنا الذي يعني الشخص الموهوب بمقدرات فكرية وإبداعية غير عادية.[٢٤] وقد نشأت الكلمة اللاتينية "جينيس genius" أصلا في الديانة الرومانية؛ حيث كانت تعني روح الجن gens، أو العائلة، وكانت تفهم على أنها الروح الحارسة، التي كانت ترتبط أولا بالأفراد ثم ارتبطت كذلك بالناس والأماكن، وكانت تعزى الإنجازات غير العادية للفنان أو العالم إلى "الجينيس" أو الروح المرافقة، وقد ساد هذا المعنى لكلمة جينيس طوال العصور الوسطى وعصر النهضة، وقد تغير معنى الكلمة في القرن الثامن عشر إلى المعنى المألوف الحديث ليشير إلى الأشخاص أنفسهم كما في العبارة "كان نيوتن عبقريا".

وبصرف النظر عن المصطلح المستخدم، فإن حقيقة أن أفرادًا معينين يمتلكون قدرات إبداعية غير عادية يتعذر تفسيرها، وأبعد من إدراك الأشخاص العاديين، كان أمرا معترفا به على مر العصور، وكان غالبا ما يترافق مع إلهامات إلهية، وخاصة بالنسبة للشعراء، وعلى سبيل المثال كانت هيلد جارد فون بنجن رئيسة الدير والغامضة في القرن الثاني عشر مشهورة في جميع أنحاء أوربا كعالمة في الطبيعة، ومؤلفة موسيقى، وفنانة وشاعرة وكاتبة مسرحية، وكانت نفسها لا تعترف بأن لها أي فضل في ذلك المدى المذهل وعمق مواهبها، لكنها علقت ببساطة أنها مجرد "ريشة في نسيم الرب".[٢٥]

وفي عصر النهضة الإيطالي، كان ترافق القدرة الإبداعية غير العادية مع الإلهام الإلهي، يعبر عنه بطريقة مباشرة جدا بمنح هؤلاء الأفراد الصفة divino (الإلهي)، كان ليوناردو وكذلك معاصروه الأصغر منه رفائيل ومايكل آنجلو من بين أساتذة عصر النهضة، معروفين على أنهم إلهيون.

ومنذ تطور علم النفس، وعلم الأعصاب، وأبحاث الوراثة الحديثة، حدثت مناقشة نشطة حول أصل تكوين العبقرية وسماتها وجيناتها، ومع ذلك، فالعديد من الدراسات لشخصيات تاريخية معروفة تماما أظهرت تشعبا محيرا لعوامل وراثية وسيكولوجية وثقافية، تعترض كل المحاولات التي ترمي إلى وجود نسق ما مشترك.[٢٦] فبينما كان موتسارت طفلاً مشهورًا كأعجوبة، كان آينشتاين متأخرًا في بلوغ أوجه، وبينما التحق نيوتن بجامعات عريقة، كان ليوناردو قد علم نفسه بنفسه أساسا، وكان والدا جوته متعلمين جيدًا ومن مستوى اجتماعي رفيع، بينما يبدو أن شكسبير غير متميز نسبيا، وبالقائمة الكثير.

وعلى الرغم من هذا المدى العريض للخلفيات، فإن علماء النفس قد تمكنوا من تحديد مجموعة من الخواص الذهنية المميزة، يبدو أنها إشارات محددة للعبقرية، بالإضافة إلى الموهبة غير العادية في مجال محدد.[٢٧] وكان كل ذلك من خصائص ليوناردو بدرجة عالية.

وأول هذه الخاصيات هو الفضول الكثيف والحماس العظيم للاكتشاف والفهم، وكان ذلك بالتأكيد الخاصية البارزة لليوناردو، الذي أطلق عليه كينيث كلارك، "أكثر إنسان فضولي بلا هوادة في التاريخ".[٢٨] والإشارة الصارخة الأخرى على العبقري، هي المقدرة غير العادية على التركيز المكثف لفترات طويلة من الزمن، وفي الظاهر كان إسحق نيوتن قادرا على الاحتفاظ بمسألة رياضية في ذهنه لأسابيع إلى أن تستسلم لقدراته الذهنية، وعندما كان يُسأل كيف أجرى اكتشافاته المدهشة، كان نيوتن يجيب، كما هو وارد، "إنني أحتفظ بالموضوع دائمًا نصب عيني وأنتظر حتى يتحول البزوغ الأول شيئًا فشيئًا إلى الضوء

التام".[٢٩] ويبدو أن ليوناردو كان يعمل بطريقة مشابهة، وكان معظم الوقت لا يتعامل مع مشكلة واحدة بل مع العديد من المشاكل في نفس الوقت.

ولدينا شهادة حية على قدرات ليوناردو غير العادية على التركيز من معاصره ماتيو مانديلو، الذي وصفه عندما كان صبيا يراقب الفنان وهو يرسم "العشاء الأخير"، كان يرى الأستاذ يصل مبكرًا في الصباح، كما أخبرنا بانديلو، ويتسلق السقالة ويبدأ في الحال في عمله:

> كان يمكث في بعض الأحيان من الفجر حتى الغروب، لا يترك فرشاة الرسم أبدًا، ناسيا أن يأكل أو يشرب، ودون أن يتوقف للحظة، وكان يمكث في بعض الأحيان يومين أو ثلاثة أو أربعة دون أن يلمس فرشاته على الرغم من أنه قد يمضي عدة ساعات في اليوم يتطلع إلى العمل ضاما يديه إلى صدره وفاحصا أشكاله وناقدا إياه مع نفسه، وقد رأيته أيضا مدفوعا بأمر فجائي "في منتصف النهار" عندما تكون الشمس في كبد السماء، تاركا كورت فتشيا (corte vecchia) عندما كان يعمل على الحصان المصنوع من الصلصال، ومتجها مباشرة إلى سانتا ماريا ديللي جراتسي (Santa Maria delle Grazie) دون أن يتوخى الظل، ويتسلق السقالة ويلتقط فرشاة ويضع ضربة أو ضربتين، ثم يغادر مبتعدًا مرة أخرى.[٣٠]

ويبدو أن المقدرة على تذكر كميات كبيرة من المعلومات على شكل كل متسق، يرتبط بشكل وثيق بالمقدرة على التركيز المكثف كخاصية من خصائص العباقرة، على أنها بنية مفردة. احتفظ نيوتن بالبراهين الرياضية التي استنبطها لعدة أشهر في ذهنه قبل أن يكتبها في النهاية وينشرها. ويقال: إن جوته اعتاد على تسلية رفاقه في السفر في المركبات بسرد رواياته عليهم كلمة كلمة قبل أن يكتبها

على الورق، وهناك أيضا القصة المشهورة عن موزارت، الذي كتب وهو طفل جريجوريو أليجري ميزيرير، وهي أنشودة لكورال من خمسة أجزاء بعد أن سمعها مرة واحدة فقط.

كان ليوناردو يتبع الناس ذوي ملامح الوجوه الغريبة لساعات، محتفظا بمظهرهم في ذاكرته، وعندما يعود إلى مرسمه، يسجل ذلك بدقة تامة كما ورد عنه، ويروي الرسام والكاتب جيوفاني باولو لومازو من ميلانو قصة كيف رغب ليوناردو يوما في رسم بعض الفلاحين وهم يضحكون:

> اختار ليوناردو رجالا معينين اعتقد أنهم يوفون بغرضه، ثم تعرف عليهم، وأقام لهم وليمة في وجود بعض أصدقائه، جلس معهم وبدأ في رواية أكثر القصص جنونا وغرابة التي يمكن تخيلها، مما جعلهم يضحكون ملء أشداقهم، وهم غير مدركين لنواياه، وعندما درس كل إيماءاتهم بعناية شديدة، وكل الأشياء المضحكة التي كانوا يفعلونها، وطبعها في ذهنه، وبعد مغادرتهم انصرف إلى حجرته، وهناك رسم لوحة دقيقة أثارت من كان ينظر إليها لدرجة الضحك، كما لو أنهم قد تأثروا بروايات ليوناردو أثناء الوليمة.[٣١]

وفي الفصول التالية سأقوم بسرد التسلسل الزمني لحياة ليوناردو، متتبعا مساره من فينشي، البلد الصغير بالقرب من فلورنسا، والتي كانت المركز المزدهر لفنون عصر النهضة، وإلى بلاط سفورزا في ميلانو، وإلى البلاط البابوي في روما، وإلى منزله النهائي في وادي نهر اللوار، في قصر الملك بفرنسا، ومع ذلك، لا تحتوي وثائق هذه الحياة الغنية والأخاذة إلا بالكاد على أي مفاتيح لمصادر عبقرية ليوناردو، ومن المؤكد أن بنيلوب موراي الأخصائية الكلاسيكية قد لاحظت في مقدمة مجموعة مقتطفاتها الأدبية "العبقرية" تاريخ فكرة

تظل هناك بعض الأمور غير القابلة للتفسير أساسا حول طبيعة مثل هذه المقدرات المدهشة، ونعزو هذه الخاصية مثلا شعر شكسبير، وموسيقى موزارت، ولوحات ليوناردو إلى عبقرية خالقهم؛ لأننا نقر بأن مثل هذه الأعمال ليست ببساطة نتاج التعلم، أو التقنية أو مجرد العمل الشاق، ومن الطبيعي أن في إمكاننا تتبع المصادر والتأثيرات... فإنه ليس هناك أي قدر من التحليل يستطيع أن يفسر قدرات هؤلاء الأفراد النادرين والموهوبين، الذين يستطيعون إنتاج أعمال إبداعية لها جودة وقيمة أبدية.(٣٢)

ومن منطلق فشل العلماء الملح في إلقاء الضوء على أصول العبقرية، يبدو بعد ذلك أن تفسيرات فاساري ما زالت هي الأفضل: "ومن حين لآخر وبطريقة تسمو على الطبيعة، يحظى شخص ما بهبة من السماء؛ بجمال ونعمة وموهبة بوفرة تجعله يترك الرجال وراءه على مسافة بعيدة، وتبدو كل أفعاله ملهمة، ومن المؤكد أن كل شيء يفعله يأتي بوضوح من الرب وليس من فنون البشر".

الفصل الثاني

الإنسان العالمي

تشكل المناخ الفكري لعصر النهضة بكل تأكيد بواسطة الحركة الإنسانية الفلسفية والأدبية، التي جعلت إمكانيات الفرد من البشر في مركز اهتمامها، كان ذلك تحولا أساسيا عن دوجما العصور الوسطى حول فهم طبيعة البشر من منظور ديني، وقد قدم عصر النهضة مظهرًا علمانيا أكثر، مع تركيز أكثر على فكر الإنسان الفرد، وقد عبرت روح الحركة الإنسانية الجديدة عن نفسها من خلال التأكيد القوي على الدراسات الكلاسيكية، التي عرفت المفكرين والفنانين على تنوع كبير للأفكار الفلسفية اليونانية والرومانية التي شجعت الفكر النقدي عند الأفراد ومهدت الأرض للبزوغ التدريجي للإطار العلمي المنطقي للعقل.

وفي فلورنسا، مهد عصر النهضة، احتضن الحماس الإنساني الاكتشاف والتعلم الذي أدى إلى مثال إنساني جديد – l'umo universale – الإنسان "العالمي" متعدد المواهب بلا نهاية، المتعلم في كل فروع المعرفة والقادر على إنتاج ابتكارات في العديد من هذه الفروع، وقد أصبح هذا النموذج مرتبطا بشدة بعصر النهضة حتى أصبح المؤرخون فيما بعد يشيرون إليه بوجه عام باسم نموذج "رجل عصر النهضة".

وفي المجتمع الفلورنسي في القرن الخامس عشر، لم يناضل الفنانون والفلاسفة فقط ليصبحوا "عالميين"، بل أيضا التجار ورجال الدولة، وقد أصبحوا ملمين باللغتين اللاتينية والإغريقية، ومطلعين على أعمال أرسطو وعارفين بالرسائل الكلاسيكية في التاريخ الطبيعي والجغرافيا والعمارة والهندسة.[١]

كان الإنسانيون من فلورنسا ملهمين بواسطة عدد من الأفراد من بينهم أولئك الذين يبدو أنهم قد جسدوا نموذج الإنسان العالمي (L'uqmo universale) تماما. كان ليون باتيستا ألبرتي الذي ولد قبل ليوناردو بنصف قرن، هو أول وأشهر هؤلاء، والذي يبدو أنه كان المثال البشير لليوناردو.[٢] ويقال: إن ألبرتي مثل ليوناردو كان مباركا بجمال غير عادي وقوة بدنية عظيمة، وكان كذلك فارسا ماهرا وموسيقيا موهوبا، وفضلا عن ذلك كان معماريا مشهورًا، ورساما مكتملا، وقد كتب نثرا لاتينيا جميلاً، كما درس القانون المدني والكنسي، وكذلك درس الفيزياء والرياضيات، وألف العديد من الرسائل الرائدة حول الفنون البصرية؛ كان ليوناردو مأخوذا بألبرتي في شبابه: قرأه بشراهة، وعلق على كتاباته، وكان يحاكيه في حياته وأعماله الخاصة.

وقد تفوق ليوناردو طبعًا في سنواته المتقدمة على ألبرتي في اتساع وعمق أعماله، لم يكن الفرق بين ليوناردو و"الرجال العالميين" الآخرين من عصر النهضة الإيطالي فقط في كونه قد ذهب أبعد من أي شخص آخر في أبحاثه، طارحا أسئلة لم يطرحها أحد من قبله، ولكنه تجاوز حدود المناهج في عصره، وقد قام بذلك مقرا بالأنساق التي ربطت الأشكال والعمليات بعضها ببعض في المجالات المختلفة، وبتكامل اكتشافاته في رؤية موحدة عن العالم.

ويبدو بالتأكيد أن هذا هو ما فهمه ليوناردو نفسه عن معنى "عالمي"، وكثيرًا ما فسرت عبارته الشهيرة "من السهل أن تصبح عالمًا "Facile casa e farsi universale"، على أن تعدد الجوانب غير المحدود من السهل اكتسابه، فإنه عندما نقرأ تأكيده في السياق الذي وضعه، يصبح المعنى المختلف تماما ظاهرًا، وأثناء مناقشته لنسب الجسم، كتب ليوناردو في "رسالته حول فن الرسم"،

> من السهل على الرجل الذي على دراية أن يصبح عالميا؛ حيث كل الحيوانات الأرضية تشبه بعضها البعض في كل أجزاء أجسامها، أي في العضلات والأعصاب والعظام، وتختلف فقط في الطول والحجم.[٣]

وبعبارة أخرى، وبالنسبة لليوناردو، أن تكون عالميا تعني الإقرار بالتماثل بين الأشكال الحية، الذي يربط نتوءات الطبيعة – في هذه الحالة البنى التشريحية للحيوانات المختلفة، والإقرار بأن الأشكال الحية في الطبيعة تعرض مثل هذه الأنساق الأساسية كان نظرة ثاقبة ومهمة لمدرسة البيولوجيا الرومانسية في القرن الثامن عشر، وتسمى هذه الأنساق Urtypen، ("النماذج الأصلية") في ألمانيا، وكما أقر تشارلز داروين وإنجلترا بأن هذا المفهوم قد لعب دورًا محوريا في مفهومه المبكر عن التطور.[٤] وقد عبر جريجوري باتسون عالم الأنثروبولجيا والسبرنطيقا (علم الضبط) في القرن العشرين عن نفس الفكرة بالعبارة المقتضبة، "النسق الذي يربط".[٥]

وهكذا كان ليوناردو أول نسل من العلماء الذين ركزوا على الأنساق التي تربط البنى الأساسية وعمليات المنظومات الحية، واليوم، يسمى هذا المنهج في العلم "بالتفكير المنهجي"، وفي نظري، هذا هو جوهر ما عناه ليوناردو بعبارة "Farsi universale". وبترجمة مقولته بحرية إلى اللغة العلمية الحديثة، فإنني قد أعيد صياغتها بالشكل: "بالنسبة لشخص ما يدرك الأنساق المتداخلة، من السهل عليه أن يكون مفكرًا منهجيا".

تخليقات ليوناردو

تصبح تخليقات ليوناردو في الفن والعلم أسهل في إدراكها عندما نتيقن أنه في ذلك الوقت لم تكن هذه المصطلحات تستخدم بنفس المفهوم الذي نفهمه هذه الأيام، وبالنسبة لمعاصريه كانت كلمة arte (فن) تعني مهارة (بنفس المعنى الذي نستخدمه اليوم عندما نتحدث عن "فن الطب" أو "فن الإدارة"، بينما تعني كلمة Scientia (علم) المعرفة أو النظرية، وقد أصر ليوناردو مرة تلو المرة أن "فن" أو مهارة الرسم يجب أن تكون مدعومة "بعلم" الرسام، أو بمعرفة محسوسة بالأشكال الحية، وبفهمه الفكري لطبيعتها الذاتية والمبادئ التي وراءها.

وكان يؤكد كذلك على أن هذا الفهم عملية فكرية متصلة discorso mentale، وأن فن الرسم نفسه يستحق بذلك اعتباره جهدا فكريا.[٦] والمبادئ العلمية والحقيقية حول فن الرسم، التي كتبها في Tratto يمكن فهمها بالعقل فقط دون أي عمليات يدوية، وهذه هي نظرية فن الرسم، التي تسكن العقل الذي يفرزها."[٧] ويضع مفهوم فن الرسم هذا بعيدًا عن منظري عصر النهضة الآخرين، وقد رأى أن رسالته هي رفع فنه من مجرد كونه حرفة إلى منهج فكري يقف على قدم المساواة مع الفنون السبعة الحرة التقليدية. (كانت الفروع السبعة للمعرفة في العصور الوسطى تعرف باسم الفنون الحرة وهي ثلاثية "trivium" النحو والمنطق والبلاغة، والتي تؤدي دراستها إلى درجة البكالوريوس في الفنون، بالإضافة إلى "الرباعية" "quadrivium" التي تشمل الحساب والهندسة والفلك والموسيقى، والتي تؤدي للحصول على ماجستير في الفنون).

والعنصر الثالث في تخليقات ليوناردو بالإضافة إلى الفن (المهارة) والعلم (المعرفة) هو الفانتازيا، وهي التصورات الإبداعية للفنان، وقد أصبحت الثقة في مقدرة الفرد البشري من القوة في عصر النهضة بحيث بزغ مفهوم جديد للفنان على أنه مبدع. وبالفعل، فالإنسانيون الإيطاليون كانوا من الجرأة لدرجة مقارنتهم الإبداعات الفنية بإبداعات الرب، جرى تطبيق هذه المقارنة أولا بالنسبة لإبداع الشعراء ثم امتدت، خصوصا بواسطة ليوناردو، إلى المقدرة الإبداعية للرسامين:

> إذا أراد الرسام أن يرى الجمال الذي يجعله يقع في الحب، فهو السيد الذي يستطيع توليد ذلك، وإذا رغب في رؤية الأشياء الفظيعة التي تبعث الخوف، أو الأشياء الهزلية التي تثير ضحكه، أو الأشياء التي تثير العاطفة الصادقة، فإنه السيد والرب... وفي الحقيقة، مهما كان في العالم، سواء الحسي، أو الوجودي أو التصوري، فإن ذلك يكون أولا في مخيلته ثم في يديه.[٨]

يظل تصور الفنان عند ليوناردو مرتبطا بشدة مع فهمه الفكري للطبيعة، ويفسر ذلك مارتن كيمب قائلا، لم تكن ابتكارات ليوناردو في الفانتازيا الخاصة به قط بعيدة عن التناغم مع ديناميكية العالم كما تفهم منطقيا؛ وهي رائعة إلا أنها ليست غير قابلة للتصديق، وكل عنصر في تركيبها ناتج عن أغراض العالم الطبيعي وتأثيراته".(٩) وفي الوقت نفسه أصر ليوناردو على الخاصية الإلهية لإبداعات الرسام، وقد أعلن أن "طبيعة علم فن الرسم الشبيهة بالطبيعة الإلهية تحول عقل الرسام ليشبه العقل الإلهي".(١٠)

أيقن ليوناردو أن الفانتازيا ليست مقصورة على الفنانين بل هي خاصية عامة للعقل البشري، وقد سمى كل الإبداعات البشرية – صنع البشر وكذلك أعمال الفن – ابتكارات، وقام بعمل تمييز شيق بين "الابتكارات" البشرية والأشكال الحية التي خلقتها الطبيعة، ودفع بأن "الطبيعة تتضمن فقط إنتاج الأشياء البسيطة، لكن الإنسان ينتج عددا لانهائيا من المكونات من هذه الأشياء البسيطة".(١١)

ومن المنطق العلمي الحديث، ليس هذا التمايز صحيحًا بعد الآن؛ لأننا نعرف أنه في أثناء عملية التطور تنتج الطبيعة– أيضًا– أشكالا حية من خلال مركبات جديدة بأعداد لانهائية من الخلايا والجزئيات، ومع ذلك وبالمعنى الأوسع، فإن تمايز ليوناردو ما زال صالحًا كتمايز بين الأشكال التي تبزغ خلال التطور والأشكال التي يبتكرها تصميم بشري، وباللغة العلمية المعاصرة يمكن استبدال مصطلح ليوناردو "أشياء بسيطة" بمصطلح "بنى بازغة" ومفهومه عن "مركبات" بمصطلح "بنى مصممة".(١٢)

كان ليوناردو طوال حياته يشير لنفسه على أنه مخترع، ومن وجهة نظره المخترع هو شخص يبتكر نتاجا صناعيا أو عملا فنيا بواسطة تجميع عناصر متنوعة في ترتيب جديد غير موجود في الطبيعة، ويقترب كثيرا هذا التعريف من

مفهومنا للمصمم، الذي لم يكن له وجود في عصر النهضة. (كان مصطلح ليوناردو "designatore" يترجم أحيانًا على سبيل الخطأ "designer" – مصمم – ليعني دائمًا "مُخطِّط" وهو مكافئ أفضل لكلمة "مصمم" بمصطلح "compositore")، ولم يبزغ مفهوم التصميم كمهنة متميزة إلا في القرن العشرين كنتيجة للإنتاج على نطاق واسع والرأسمالية الصناعية.(١٣) وفي عصر ما قبل الصناعة كان التصميم دائما جزءًا متكاملا من عملية أكبر تتضمن حل المشاكل، والابتكار، وإنتاج الأشكال، والديكور، والتصنيع، وكانت تجري هذه العمليات تقليديا في محيط الهندسة، والعمارة، والحرف، والفنون الجميلة.

ووفقا لذلك لم يكن ليوناردو يفصل بين عملية التصميم – الترتيب المختصر للعديد من العناصر – وبين عملية إنتاج المادة، ومع ذلك، يبدو أنه كان دائمًا أكثر اهتمامًا بعملية التصميم عن حقيقتها المادية، ومن الجدير بالذكر أن معظم الآلات والابتكارات الميكانيكية التي ابتكرها وصممها، وقدمها في رسومات رائعة لم يتم تنفيذها؛ وكذلك معظم اختراعاته الحربية وخططه في الهندسة المدنية لم تر النور، وعلى الرغم من أنه كان معماريا مشهورا فإن اسمه لم يرتبط بأي بناء معروف، وحتى كرسام، كان غالبا ما يبدو مهتما بحل المشكلات التركيبية – العمليات الفكرية discorso mentale أكثر من الاستكمالات الفعلية لعملية الرسم.

وعندئذ، يبدو لي أن الأنشطة والإنجازات واسعة المدى لليوناردو دافينشي، النموذج الأصلي للإنسان العالمي Uomo universale، يمكن اختبارها أفضل ما يمكن من خلال ثلاث فئات كفنان، ومصمم، وعالم، وبتخليقه الخاص به، ترتبط أنشطة المخترع أو المصمم، وبالمثل الفنان بالعلم Scientia، مبادئ معرفة الطبيعة، بطريقة معقدة، وكان يشير لنفسه بالتعبير اللافت للنظر بشدة على أنه "المخترع والشارح بين الطبيعة والبشر".(١٤)

وعمليا كانت مقدرة ليوناردو غير العادية على الرسم هي التي شكلت الرابطة بين المجالات الثلاثة من فن وتصميم وعلم، كما أقر بذلك هو نفسه:

> الرسم [أساس فن الرسم] يُعلِّم المعماري ليطوع مبناه ليتوافق مع العين، وهذا هو الذي يعلم الخزافين والصياغ والنساجين والطرازين، وقد اكتشفت الخصائص التي تعبر بها اللغات المختلفة عن نفسها، وقد منحت علماء الحساب شفرتهم، وعلمت علماء الهندسة كيف يقدمون أشكالهم، وزودت الخبراء بالتعليمات في تخصصاتهم، والفلكيين، وبناة الآلات، والمهندسين.[١٥]

وبقدراته الحادة على الملاحظة، و"يده اليسرى الرفيعة" (كما أطلق عليها صديقه عالم الرياضيات لوكا باتشيولي)، كان ليوناردو قادرا على أن يرسم بتفاصيل متقنة الزهور، والطيور أثناء طيرانها، والدوامات، والعضلات، والعظام، والتعبيرات الإنسانية بدقة لا مثيل لها (انظر شكل ٢-١). ويعلق كينيث كلارك على لوحات المادونا المبكرة قائلاً: "إنها تظهر سرعة لا تبارى للرؤية، التي سمحت له بنقل كل حركة أو إيماءة بكل يقين ونغمة لا إرادية لراقصة عظيمة وهي تقوم بخطوات مألوفة".[١٦]



شكل ٢-١: المادونا والطفل ودراسات أخرى، حوالي ١٤٧٨ – ١٤٨٠، رسومات وأوراق مختلطة، المجلد III، ملف 162r.

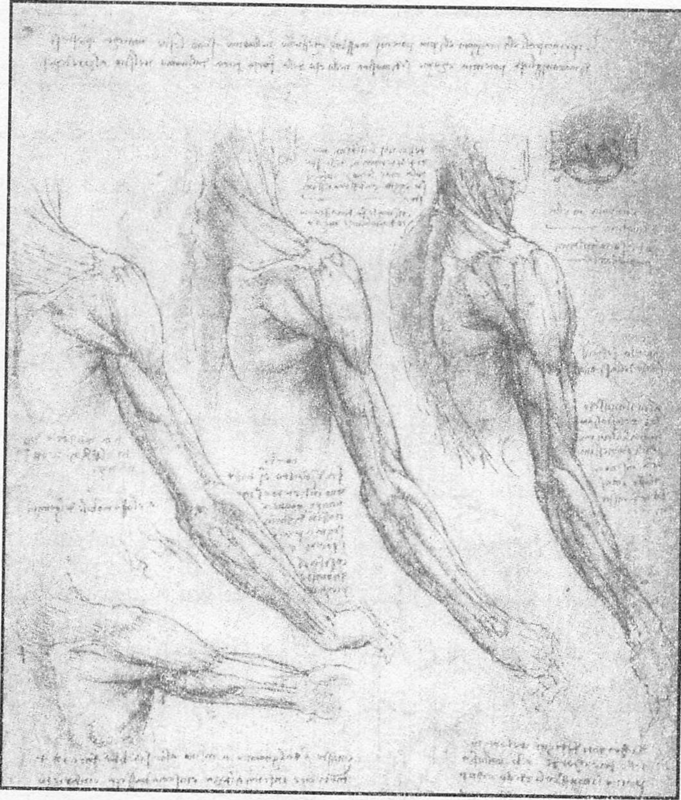
كانت رسومات ليوناردو التشريحية راديكالية في مفهومها لدرجة أنها ظلت دون منازع حتى نهاية القرن الثامن عشر، أي ما يقرب من ثلاثمائة سنة بعد إنجازها، وبالفعل كانت تلك الرسومات تبجل على أنها بداية التصوير التشريحي الحديث.[١٧] ولعرض المعرفة التي جمعها من مقاطعه التشريحية المستفيضة، قدم ليوناردو ابتكارات عديدة: رسم البنى من مناظير مختلفة؛ رسم المقاطع من رؤى "متفجرة"؛ مبينا نوع العضلات في طبقات متتابعة للكشف عن عمق عضو أو سمة تشريحية، ولم يقترب منه أي ممن سبقوه أو من معاصريه فيما يتعلق بالتفاصيل التشريحية ودقتها.

وبالنسبة للقليلين من معاصريه الذي نعموا برؤية تلك الرسومات، لابد أن هذه المخطوطات قد بدت وكأنها تكاد تكون إعجازية، وعندما زار كاردينال أراجون الأستاذ العجوز (ليوناردو) سنة ١٥١٧، كتب سكرتيره أنطونيو دي بياتيس في يومياته:

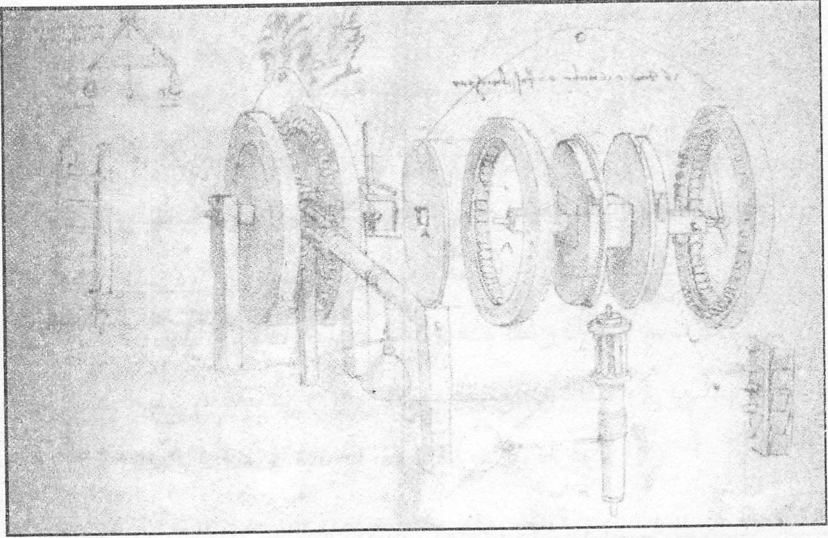
"كتب هذا السيد (ليوناردو) رسالة عن التشريح، مبينا الأطراف، والعضلات، والأعصاب، والأوعية الدموية، والمفاصل، والأمعاء، وأي شيء يمكن شرحه في جسم الرجل والمرأة، بطريقة لم يقم بها أحد من قبل قط".[١٨]

أطلق ليوناردو على رسومه التشريحية "استعراضات"، متبنيًا في ذلك مصطلحا يستخدم عادة بواسطة علماء الرياضيات ليشيروا إلى أشكالهم، وقد أكد بكل فخر أنها قد أعطت "معرفة حقيقية بالأشكال [المتنوعة]، الأمر الذي يستحيل على الكتاب القدامى أو الحديثيين... بدون مقدار وافر ومنهك ومضطرب من الوقت والكتابة".[١٩] وبالتأكيد، عند النظر خلال دراساته التشريحية، يتضح أن التركيز الرئيسي لليوناردو كان على رسوماته، أما الكتابة المصاحبة فكانت ثانوية، وغائبة تماما في بعض الأحيان. وبشكل ما، كانت هذه المخطوطات تذكِّر بالأبحاث العلمية الحديثة التي فيها العبارة الرئيسية هي المعادلات الرياضية، مع بضعة أسطر شارحة بينها (انظر شكل ٢-٢).

استخدم ليوناردو نفس التقنيات المبتكرة التي حسنها في رسوماته التشريحية في المجموعة الضخمة لرسوماته التقنية للآليات والآلات، وهناك عناصر ميكانيكية متعددة في تجمعات مختلفة معروضة في مناظر مبتورة أو متفجرة ومن جوانب عديدة، بحرفية عظيمة من منظور بعدي، وتطويع رقيق للضوء والظل (انظر شكل ٢-٣)، وقد رسم مهندسون آخرون من عصر النهضة رسومات لآلات مماثلة، إلا أنه كما يشير مؤرخ الفنون دانيال أراس، بينما كانت رسومات الآخرين شارحة فحسب كانت رسومات ليوناردو مقنعة ومغرية لمشاهد جدوى وصلابة تصميمات المؤلف:



شكل (٢-٢) عضلات الذراع والكتف في منظر يلف، حوالي ١٥١٠، دراسات تشريحية، ملف 141 v



شكل ٢-٣: رافعة ذات عجلتين، مجموعة مخطوطات آتلانتيكوس، ملف 30v.

> ولا تملك أعمال رسوماته أناقة نادرة فقط؛ بل كذلك تقع بصريا في السياق، ولها المظهر الصلب المتماسك للأشياء الموجودة: زاوية زوايا الرؤية، والرقة البالغة للظلال ومعالجة الخلفية نفسها التي تم الرسم عليها تعطيها تأثيرا مغريا ... بشكل غير عادي.[٢٠]

بوصفه فناناً، قدم ليوناردو حداثة في ممارسة الرسم التحضيري، الذي يكون طباقا محيرا لدقة رسومه العلمية والتقنية.[٢١] وفي كثير من دراسات رسوماته، قد يسترجع الخطوط الأولية للشكل مرات ومرات، مخططا بدائل عديدة من الخطوط وتنويعات لوضع الشكل، إلى أن يصل إلى الشكل المثالي، ولهذه الاسكتشات التحضيرية خاصية ديناميكية غير عادية، ويكاد المرء يشعر بإيقاع "اليد اليسرى الرفيعة" لليوناردو عندما يجرب الاحتمالات المختلفة، أثناء ترجمة عمليته الفكرية إلى خطوط ضبابية، كما يصف مارتن كيمب الأمر، كانت هذه التقنية غير مسبوقة في زمن ليوناردو:

> لم يقم أي فنان قط من قبل بعمل تركيباته بمثل هذه الفوضى من الخطوط البديلة، وقد تم الإطاحة بكتاب أنساق رسومات التقنيات من القرنين الرابع عشر والخامس عشر، والذي خفف منه فيروتشيو بعض الشيء، في عملية "عصف ذهني" للرسم المبدئي الديناميكي، وقد أصبحت مثل هذه المرونة في الرسم المبدئي التحضيري هي الأمر المتبع في القرون بعد ذلك، وقد قدمها منفردا تماما تقريبا ليوناردو.[٢٢]

وفي بعض الأحيان – وعلى سبيل المثال، وفي دراسة للوحته الشهيرة "مادونا والطفل مع سانت آن – قد يذهب ليوناردو بتقنية ديناميكا الرسم المبدئي حتى النهاية، منتجًا ما يصفه آراس بأنه "شيء ضبابي غير مقروء، لا يوجد في هذا الشواش أي شيء يمكن تمييزه، لكن عينيه قد أدركت في حركة يده الشكل الخفي والدفين والكامن الذي يناضل ليصبح شكلاً، ويسجل ليوناردو ذلك بواسطة المرقم ثم يقلب الصفحة ليجعله مرئيا بخط واضح".[٢٣]

وبالنسبة لي فإن هذه التصويرات البصرية الأخاذة للعملية المعروفة لدى منظري التعقيدات بأنها "البزوغ" – الظهور التلقائي لأشكال جديدة لنظام خارج من فوضى واضطراب.[٢٤] ووفقا لنظرية التعقيدات، الابتكار – توليد أشكال جديدة – هو الخاصية المحورية لكل الحياة، ويتضمن العملية نفسها التي كشف عنها ليوناردو في رسوماته التحضيرية الرائعة، وإنني لأدفع بأن أغلب نظراتنا الثاقبة الإبداعية تبزغ من مثل هذه الحالات من عدم التيقن والاضطراب.

جوهر فن الرسم

وعلى الرغم من أن ليوناردو كان يحتفظ لنفسه بالأفكار العلمية فإنـه كـان يشارك بحرية تلاميذه ورفاقه الفنانين وجهات نظره حول فن الرسم وتـرك عنـد موته ما يزيد على ستمائة صفحة من تعليمات تفصيلية تغطي كل مواضـيع علـم وفن الرسم للرسامين، ومن بين هذه المجموعة الهائلة المنتشرة في ثمانية عـشرة مذكرة من مذكراته (وكما لوحظ سابقا، فقد أكثر من نصف هذه المذكرات) جمـع صديقه ومريده فرانشيسكو ميلزي مجموعة المخطوطات الأدبية الشهيرة المعروفة تحت عنوان Trattato della pittura (رسالة في فن الرسم).[٢٥] وقد نشرت أولا سنة ١٦٥١، وسرعان ما ترجمت في كل أنحاء أوربا، وظلت مرجعا قياسيا للفـن بالنسبة للطلاب على مدى ثلاثة قرون.

عرف الجزء الأول من Trattato باسـم "Paragone" "المقارنـة" وهـو مقارنة جدلية للرسم مع الشعر والموسيقى والنحت.[٢٦] كان هذا النوع من الجـدل شائعا في القرن الخامس عشر، وكانت براهين ليوناردو الأصلية الخاصة به فـي تأييد فن الرسم حية وطريفة لدرجة أنه يمكننا بسهولة أن نتصوره يستعرضها فـي جدال حقيقي.

كان يدفع بأن "فن الرسم يخدم مغزى أكثر نبلا من الشعر" وأضاف، "ويطوع أشكال أعمال الطبيعة بصدق أكبر عما يفعله الشعر"، ويستمر ليوناردو بمـزاج أرق: "خذ مثلا شاعرا يصف جمال سيدة لحبيبها، ثم خذ رساما يقـدمها، وعندئـذ سـترى كيف تتحول الطبيعة الحكم الساحر".[٢٧] وكان يجب أن تـدعى الموسـيقى "الأخـت الصغرى لفن الرسم" كما يقترح ليوناردو، ثم يضيف، حيث إنها تكون تناغمـا مـن اقتران أجزائها المتناسبة... فإن الرسم يتفوق على الموسيقى ويطغى عليهـا لأنـه لا

يموت فورا بعد إبداعه بنفس الطريقة التي تموت بها الموسيقى لسوء الحظ".[٢٨] وماذا عن النحت؟ بالتأكيد، هل يستطيع أي رسم أن يصمد مثل الرخام أو البرونز؟ ويسلم ليوناردو حقيقة "للنحت المقدرة الأعظم على البقاء بالنسبة للزمن". وعلى الرغم من ذلك، فإن فن الرسم متفوق بشدة، لأن النحت "لا ينتج أجساما واضحة وشفافة مثل الأشكال المقنعة التي تظهر اللحم العاري تحت الحجاب التي تتغطى به. ولن يظهر النحت التموجات الدقيقة للألوان المختلفة تحت سطح الماء الشفاف". ويستمر ليوناردو قائلاً، "النحاتون لا يستطيعون تمثيل... المرايا والأشياء اللامعة المماثلة، ولا الضباب، ولا الطقس السيىء، ولا عدد لا نهائي آخر من الأشياء التي لا أجد داع لذكرها، لأن ذلك سيكون غاية في الإرهاق".[٢٩]

كان الغرض العميق لجدل ليوناردو الحي هو الدفع بالبراهين الدامغة من أجل اعتبار الرسم نشاطا ذهنيا وعلما أعلى مرتبة من كونه حرفة. كان الرسم في بداية عصر النهضة يصنف على أنه "فن ميكانيكي"، مع حرف مثل أعمال الذهب والفلزات والمجوهرات، والنسج، والتطريز، ولم يبرز أي من هذه الفنون الميكانيكية بمدلول الاحترام، وظل ممارسوهم مجهولين نسبيا، ويحدد الأمر بناء على نوعية المادة الخام (رقائق الذهب، واللازوردي(*)... إلخ)، الأمر الذي كان أكثر أهمية للعميل من اسم الفنان.[٣٠]

عندما صارت فلورنسا مركزا فنيا رئيسيا في القرن الرابع عشر، بدأ الرسامون فيها التشارك في معرفتهم وخبرتهم، وطوروا مجتمعين الكثير من الابتكارات التقنية، وقد حسنوا تقنية اللوحات الجصية (فن رسم الفريسكو، أي الرسم الجصي المبلل والمنشور حديثا) وأدخلوا الرسم على اللوحات، وبعد قرن من الزمان، أصبحوا الرواد في رسم المنظور والرسم بالزيت، أرسى رسامو فلورنسا ونحاتوها نظام تلمذة مفصل، برقابة صارمة للجودة تحت إشراف نقابات مهنية، كانت كلها تدعم احترامهم وتعلي تدريجيا من مهنهم فوق العالم المجهول للحرفيين.

(*) حجر شبه كريم سماوي الزرقة. (المترجم والمراجع)

وهب ليوناردو نفسه لتقدم عملية التحرير تلك؛ ليقنع المجتمع بأن فن الرسم يجب اعتباره مشروعا فكريا، وفنا ليبراليا حقيقيًا، ولكي يميز آلبرتي فن الرسم عن العمل اليدوي، في كتابه De Pictura (عن فن الرسم)، سنة ١٤٣٥، ناقش بالفعل أهمية الرياضيات، أحد الفنون الليبرالية في ذلك العصر، على أنها أساس منظور الظل وهندسته، ومن ثم فهي اللب الفكري لفن الرسم ككل.(٣١) اقتفى ليوناردو أثر آلبرتي لكنه تخطاه برفعه فن الرسم كمنهج فكري لا يقوم فقط على الرياضيات بل كذلك على المعرفة النظرية لـ "كل خواص الأشكال".(٣٢)

تفوق ليوناردو رسامًا خاصة في رسم نماذج التدرج الرقيق للضوء والظلمة، والتي يُعرِّفها مؤرخو الفنون باسم "كياروسكورو".(*) وقد طور فن الرسم بواسطة إعادة مفاهيم التقنيات التقليدية، وقد كتب كينيث كلارك، " كان ليوناردو البشير السابق لكل فن الرسم الأوربي الذي جاء بعد ذلك في استخدامه للضوء والظل،"(٣٣)

ويقع جوهر ابتكار ليوناردو في استخدامه للظل كعنصر تجانس، الموضوع الذي يظهر الخواص المختلفة للدرجة واللون، وكما يصف مارتن كيمب في تحليله الذكي للوحة ليوناردو عذراء الصخور (virgin of rocks)،

> تبزغ الألوان التي تتكشف فقط في وجود الضوء [من] البنية التحتية للظل المخملي ... وضمن وحدة الظل هذه تتكون سلسلة رقيقة لانهائية من التعديلات لتشمل قيم النغمات المتأصلة للألوان المختلفة، بدءًا من الأصفر الفاتح إلى أعمق الأزرق.(٣٤)

كانت إحدى العلامات المميزة لأساتذة فن الرسم في التقاليد الفلورنسية هي المقدرة على تمثيل الأشكال في ثلاثة أبعاد ظاهرة، ويكتب ليوناردو قائلاً، المهمة الأولى للرسام هي جعل السطح المستوي يبدو جسمًا في حالة استرخاء، بارزًا من

(*) طريقة توزيع الضوء والظل في الصورة. (المترجم والمراجع)

ذلك السطح، والذي يستطيع أن يبرز الآخرين في هـذه المهـارة يـستحق أكثـر الثناء".[٣٥] وكما يشرح كينيث كلارك، لم يكن ليوناردو قانعا بالتوصل لهذا التـأثير بواسطة "الدمج الرقيق للرسم ونمذجة السطح الأمر الـذي أتقنـه رسـامو القـرن الخامس عشر، وكان يرغب في الوصول إلى الراحة من خلال الاستخدام العلمـي للضوء والظل".[٣٦] ومثل هذا الإنجاز وفقًا لليوناردو هو جوهر فن الرسم".[٣٧]

بلغت تقنية ليوناردو الذروة في استخدامه الضوء والظـل ليمـنح أشـكاله "حيوية عظمى وراحة" وذلك في إبداعه الشهير للسفوماتو، وهذا المـزج الرقيـق للظلال الذي أصبح في النهاية المبدأ الموحد للوحاته الفنية، كمـا قـال فاسـاري، ويزعم أراسي أن "سفوماتو ليوناردو هي القوة وراء شـاعرية لوحاتـه الفنيـة"، وأضاف "والغموض الذي يبدو أنه ينبعث منها."[٣٨]

من الواضح أن كتابات ليوناردو حول استخدام الضوء والظل استنبطها مـن معرفته بسلسلة من التجارب المنهجية باستخدام المصابيح التي تسطع على تنويعات من الأجسام الصلبة الهندسية، وقد رسم العديد من الأشكال المعقدة مبينـا تكـوين، ومسقط، ومقطع، وتدرج الظلال في تكوينات لانهائية، وكما سأبين فيما بعد في هذا الكتاب، كانت فحوصاته التفصيلية للرؤيـة وطبيعـة الـضوء والظـل، ومظهـر الأشكال- هي البوابة إلى علم ليوناردو لفن الرسم.[٣٩]

وترجع مذكرات ليوناردو المبكرة حول الظل والضوء إلى حـوالي ١٤٥٠ [٤٠]، فإنه يتضح أنه كان يجسد تماما المفاهيم الأساسية لهذه التقنية من لوحتـه عـذراء الصخور (١٤٨٣-١٤٨٦)، وقد سمحت له مقدرته على الملاحظة الممزوجة بفهمه الحدسي للضوء بأن يطوع ليس فقط أفضل أنواع تـدرج كياروسـكورو (توزيـع الضوء والظل)، بل أيضا يطوع التأثيرات المعقـدة الثانويـة للـضوء – اللمعـان المنعكس، ومساحات الضوء المشتت، والبريق الرقيق وما شابه ذلك – بمهارة غير مسبوقة، ووفقا لكيمب، "لم يتمكن أحد حتى القرن التاسع عشر أن يتوصـل إلـى مستوى يقارن في شدة تصويره للتعقيدات الخادعة للظواهر البصرية".[٤١]

العملية الفكرية

لم يكن في استطاعة ليوناردو أن يطور إتقانه للكياروسكورو (طريقة توزيع الضوء والظل) ولا أسلوبه المتميز سفوماتو(*) (التجسيم الضبابي)، دون التقدم الكبير في فن الرسم في عصر النهضة – استخدام الدهانات القائمة على الزيت، ويجعل الرسم بالزيت من الممكن وضع طبقات من الدهان فوق بعضها دون اضطراب الألوان (مع افتراض ترك الألوان لتجف كل على حدة)، ثم العودة مرات ومرات، وخلط الدهانات بسهولة، وكان كل ذلك أساسيا لليوناردو ليتوصل إلى تأثيراته الخاصة في الراحة والتجسيم الضبابي (سفوماتو).

ويقال: إن الرسم بالزيت قد ابتكره الأستاذ الفلمنكي جان فان آيك، ووفقا لفاساري، دخلت هذه التقنية إلى إيطاليا في نابلي، وإربينو وفينيسيا قبل أن تصل في النهاية إلى فلورنسا؛ حيث أحدثت إثارة هائلة، وعندما كان ليوناردو تلميذا يتدرب فى ورشة فيروتشيو، لم يكن الرسامون التوسكانيون قد أتقنوا تقنية الرسم بالزيت تمامًا، أصبح ليوناردو شخصية رئيسية في إتقان تلك التقنية، مع تلميذه ورفيقه بيروجينو، الذي نقل أسرارها إلى رفائيل.(٤٢)

وعلى مدار السنين توصل ليوناردو إلى إتقان رفيع في وضع أرق طبقات الدهان ليخلق درجات ساطعة من الألوان التي تعطي لوحاته الفنية سحرها الخاص، وكما وصفها سيرجي براملي:" يمر الضوء خلال رسوماته وكأنه يمر خلال الزجاج المغبش، مباشرة إلى السطح الأولى تحته والذي ينعكس منه الضوء مرة ثانية، خالقا الإحساس بأنه يشع من الأشكال نفسها".(٤٣)

كانت العملية البطيئة والدقيقة التي يتطلبها الرسم بالزيت مثالية لأسلوب ليوناردو، كان في إمكانه قضاء الأسابيع فيما بين طبقات الدهان، وكان في استطاعته

(*) تدرج الألوان بحيث تتداخل أطراف الألوان مع بعضها بدون حدة. (المترجم والمراجع)

إعادة عمل وتنقيح لوحاته لعدة سنوات، عاكسا كل تفصيلة من مفهومها، منشغلا بالعملية الفكرية التي كان يرى أنها عصارة فنه وعلمه، كانت لهذه discorso mentale، العملية الفكرية أكثر أهمية غالبا بالنسبة لليوناردو عن الاكتمال الفعلي للعمل، وتبعا لذلك، أصبح الناتج الكلي له كرسام طوال حياته قليلا نسبيا، وخاصة على ضوء التأثير العميق الذي كان له على التاريخ التالي للفن الأوربي.

لكن من جهة أخرى، كانت روائع ليوناردو المكتملة تتضمن ابتكارات راديكالية على عدة مستويات – فنية وفلسفية وعلمية، فعلى سبيل المثال لم تكن لوحته عذراء الصخور (شكل ٢-٤) ثورية فقط في تطويعها للضوء والظلمة، فقد مثلت أيضا تأملا معقدا ومحيرا لمصير المسيح، معبرا عنه بواسطة الإيماءات والمواقع النسبية للشخصيات الأربعة الرئيسية، وكذلك في الرمزية المعقدة للصخور والنباتات المحيطة".[٤٤]

وقد طوعت الصخور نفسها بدقة جيولوجية مذهلة، صوّر ليوناردو تركيبا جيولوجيا معقدا متضمنا أحجار رملية رخوة تم تعريتها تقطعها طبقة من صخر أصلب يعرفه الجيولوجيون باسم ديابيز[*]، وتبين التفصيلات العديدة الدقيقة لنسيج الصخور وأنساق التعرية المعرفة المتعمقة للفنان بمثل هذه التركيبات الجيولوجية، والتي لم يكن لها مثيل في عصره.[٤٥] وفي النهاية – وبانفصال درامي عن الاستخدام التقليدي للنباتات كديكور من القرن الرابع عشر – كانت النباتات التي تنمو في محيط الكهف الصخري قد طُوّعت ليس فقط بتفاصيل نباتية فخمة بل أيضا من موطنها المناسب، بدقة موسمية وإيكولوجية تامة.[٤٦]

ويمكن إجراء ملاحظات حول الابتكارات المماثلة في لوحات العشاء الأخير، أو الموناليزا، أو المادونا والطفل مع سانت آن، وليس عجبا أن تسببت كل من هذه الروائع في ضجة كبيرة بين معاصري ليوناردو، مولدة مناقشات حيوية، ونسخ عديدة، مما نشر العملية الفكرية للأستاذ عبر أوربا الفنية والدوائر الفكرية.

(*) صخر بركاني رمادي أو أسود يستعمل في صنع النصب التذكاري والحصى. (المترجم والمراجع)



شكل ٢-٤ عذراء الصخور، حوالي ١٤٨٣-٨٦ــ متحف اللوفر، باريس

الحصان Il Cavallo

يقدم ليوناردو في جزء المقارنة (Paragone) واحدة من أطول دفوعه حول تفوق فن الرسم على النحت مستخدما الكلمات التالية التي تؤكد نفسها:

> عندما أمارس النحت بنفس قدر الرسم، وأقوم بالعمليتين على نفس الدرجة، يبدو لي دون أن أتهم بالتحيز، أنني أستطيع أن أحكم أي الاثنين أكثر عبقرية وأكثر صعوبة واكتمالا.(٤٧)

وعلى نفس المنوال يشير فاساري في عنوانه عن حياة ليوناردو بأنه "الرسام والنحات الفلورنسي"، ومع ذلك لا نجد تمثالاً معروفا من صنع يد ليوناردو، وتقوم سمعته كنحات على عمل واحد مفرد: حصان ضخم من البرونز لم ينته منه قط، الذي شغل ليوناردو بشدة أكثر من عشر سنوات.

وعندما كان ليوناردو في أواخر الثلاثينيات من عمره، موظفا "كرسام ومهندس" في بلاط لودفيكو سفورزا تلقى ليوناردو أجرا لتمثال فارس يخلّد والد الدوق، وقد شجع ثراء المدينة الهائل في ذلك الوقت خططا عظيمة، وعليه رغب لودوفيكو أن يكون النصب التذكاري متساوي الزوايا مهيبا، وربما يبلغ ثلاثة أو أربعة أضعاف الحجم الطبيعي، ولم يحاول أحد القيام بعمل تمثال من البرونز بهذا الحجم أبدًا، كان ليوناردو مأخوذا بالتحدي غير المسبوق للمشروع، على الرغم من أنه لم يكن مغرما بالنحت، وتقبل المهمة بشغف، كان مشروعا قريبا من اهتماماته العلمية بالتشريح، والنسب، وجسم الحيوان أثناء الحركة، كما أنه كان يتطلب مهاراته الهندسية وموهبته الفنية، وكما ورد بصورة جميلة على لسان سيرجي براملي في السير الذاتية لليوناردو: اكتشاف حياة ليوناردو دافينشي، يرتبط الحدث بشكل وثيق بالثروات المتذبذبة لأسرة سفورزا.(٤٨)

وفي البداية، فكر ليوناردو في نحت حصان يشب على قائمتيه أمـام عـدو مقهور وأعجب ليوناردو بالحيوية الشديدة لهذه الصورة، لكن اتـضح أن المـشاكل البنائية كانت مانعة حتى بالنسبة لعبقريته، كيف يمكنه إبداع حصان يزن العديد من الأطنان واقفا على ساقين؟ وحتى لو أضاف دعامة إضافية بأن يجعل أحـد سـاقيه الأماميتين يرتكز على العدو المهزوم، فكيف يشبك ويوازن كل المجموعة؟ وبعـد فحص طويل ودقيق لهذه الصعوبات التقنية المميزة، تخلى ليونـاردو مـن فكـرة الحصان القائم على ساقية الخلفيتين واستقر أخيرا على الوضع الكلاسيكي للتمثـال على شكل فارس، والمعروف باسم ريجيسول Regisole، الذي كان معجبا به أشد الإعجاب في بافيا.[٤٩] وكان متأثرا على وجه الخصوص برشاقة القوام الطبيعيـة للتمثال، وتستحق الحركة المديح أكثر من أي شيء آخر" كما دون فـي مذكراتـه، "كان الخبب تقريبا كأنه لحصان حر".[٥٠]

وبينما كان يفكر في الأوضاع المختلفة للحـصان البرونـزي، والمـشاكل الهندسية المرافقة لذلك، يبدو أن ليوناردو قد نسي تماما الفارس، كان تمثال الـدوق فرانسيكو مرتديا زيا عسكريا من المفروض أن يسبك منفصلا ثم يضاف فيما بعد، لكن بمرور السنوات أصبح ليوناردو مستغرقا في الجمال الجسماني للحصان ونسبه وحركته لدرجة أنه كان يشير للنصب ببساطة على أنه الحصان il cavallo.

وعندما استقر ليوناردو على الوضع النهائي للحصان، قام بزيارات متكررة للإسطبلات الأميرية للودوفيكو، كما زار كذلك إسطبلات نبلاء ميلانـو الأثريـاء الآخرين بحثا عن نماذج لحصانه، وقد حدد العديد من الأنسال الأصـيلة الرائعـة، وقاس أبعادها بدقة شديدة ليحدد نسبها، ورسمها على الطبيعة في أوضاع مختلفـة، وبالطريقة المعتادة، تحمس للجانب الفكري للمهمة، وتوسع فيها لتصبح مـشروعا بحثيا رئيسيا، انتهى به إلى رسالة كاملة حول تـشريح الحـصان.[٥١] وبالإضـافة لذلك، أنتج ليوناردو كما ثريا من الدراسات الفنية للخيول، والمعـروض الآن فـي مجلد خاص في المجموعة الملكية بقلعة وندسور، وفي رأي الناقد الفنـي مـارتن كيمب، "لم يتمكن أحد من قبل قط في التقاط الجمـال المتمـوج لحـصان أصـيل ومعتنى به بذلك الشكل المقنع".[٥٢]

وفي النهاية وبعد أربع سنوات من الدراسات التحضيرية شيد ليوناردو نموذجا كاملا للتمثال من الصلصال، وبارتفاع يزيد قليلا عن ثلاثة وعشرين قدما، أصبح أكثر ارتفاعا من أشهر تماثيل فرسان ذلك الزمن - تمثال ماركوس أوريليوس فوق مبنى الكابيتول في روما، ودوناتللو جاتاميلاتا Gattamelate في بدوا، وكوليوني في فيروتشيو في فينيسيا، ولم يكن من الغريب أن أحدث النموذج الهائل إثارة عندما عرض أمام قلعة سفورزا بمناسبة زواج ابنة أخ (أو أخت) لودوفيكو بيانكا ماريا إلى الأمبراطور ماكسميليان، وقد كتب باولو جيوفيو، "حركة هذا الحصان القوية المفعمة بالحياة وكأنه يلهث مذهلة، ولم تكن أقل من ذلك مهارة النحات ومعرفته التامة عن الطبيعة، "وقد زعم فاساري أن هؤلاء الذين شاهدوا النموذج المصنوع من الصلصال قد شعروا بأنهم لم يروا في حياتهم أي قطعة فنية أروع منه، وكتب شعراء البلاط ملاحم باللاتينية في مديح الحصان العظيم gran cavallo، وسرعان ما ذاعت شهرة ليوناردو كنحات في كل أنحاء إيطاليا.

وبينما كان ليوناردو ينهي النموذج، فكر بعمق حول التحديات الهائلة لسبك مثل هذه القطعة الكبيرة، وجمع كل مذكراته عن هذا الموضوع في كتاب من سبعة عشر ملف (وهو موضوع الآن بعد نهاية مجموعة مخطوطات مدريد II) بادئا بالكلمات: "هنا احتفظ بسجل به كل شيء يتعلق بالحصان البرونزي الجاري تشييده".[٥٣]

كانت الطريقة التقليدية للسبك أن يقسم العمل إلى العديد من القطع الصغيرة لتسبك منفصلة، فإن ليوناردو انتهي إلى أنه ليس من الممكن صنع كل القطع بنفس السمك، ونتيجة لذلك لن يستطيع تقدير وزنها ويقرر مقدما الاتزان الكلي للتمثال، وبفحصه لكل ما يتعلق بالمشكلة باهتمامه المعتاد حول أدق التفاصيل، قرر أن يسبك الحصان قطعة واحدة، الأمر الذي لم يحاول أحد من قبل فعله، وقد سمحت مذكراته المستفيضة لمؤرخي الفنون أن يستعيدوا طريقة ليوناردو بالتفصيل.[٥٤] تطلب الأمر حفر حفرة هائلة ليدفن فيها قالب الصب مقلوبا؛ ليتمكن الفلز المصهور من الانسياب خلال بطن الحيوان وخروج الهواء في الوقت نفسه إلى أعلى من الأقدام.

ترك ليوناردو رسوما تفصيلية وجميلة جدا للإطار الحديدي الذي صممه لرأس ورقبة الحصان والمتماسك بشكل عبقري عن طريق مجموع من الخطاطيف والأسلاك، وتظهر الرسومات الأخرى الإطار الخشبي الذي كان ينوي بناءه لنقل القالب الضخم، وكذلك الآلية التفصيلية للتعامل معه، وتغطي وصفاته كل السمات التي يمكن تصورها لعملية السباكة – بدءًا من مواصفات السبائك وطرق التحكم في درجة حرارة الأفران وحتى إجراء محاكاة بنماذج أصغر.

ومع بداية ١٤٩٤ كان كل شيء معدًّا للسباكة، تم شراء المواد، والشروع في حفر الحفرة، وبناء أربعة أفران صممت خصيصى حول الحفرة، لكن عندئذ تدخلت ضرورات سياسية، أثناء آخر سنتين توفى العديد من القادة السياسيين الإيطاليين، تغيرت التحالفات الأوربية، وأصبح الآن تشارلز الثامن، الملك الجديد لفرنسا، على وشك مهاجمة ميلانو، وتحت هذا التهديد الوشيك، قرر لودوفيكو استخدام كمية البرونز الثمينة التي تزن اثنين وسبعين طنًا لمدفع جديد بدلاً من الحصان العظيم. ظل ليوناردو متفائلاً بأنه سيكون قادرا على المواصلة والاستمرار في عمله لإنهاء المشروع، لكن لودفيكو قد أفلس، وأصبح من الواضح أن النصب الفخيم لن يسبك أبدًا، وبعد حوالي سنة أضاف ليوناردو مذكرة بسيطة مع ما كتبه للدوق "فيما يتعلق بالحصان لن أقول شيئًا؛ لأننى أعرف الوضع الحالي".(٥٥)

لم تستخدم قط قوالب ليوناردو، أما نموذجه الهائل من الصلصال فقد تفتت في النهاية وتحلل، ومع ذلك عاشت شهرته كنحات كما عاشت طريقته المبتكرة للسباكة، وقد استخدمت هذه الطريقة بعد مائتي سنة في فرنسا لعمل تمثال لويس الرابع عشر على شكل فارس، تقريبا في طول الحصان العظيم لليوناردو، يخبرنا براملي "حتى طريقة وقفة الحصان كانت هي نفسها" وبالمصادفة المذهلة لقي التمثال نفس سوء الحظ: تم تحطيمه أثناء الثورة فلم نستطع رؤيته، لكن حقيقة أن التمثال قد أمكن سبكه تبين أن طريقة [ليوناردو] كانت عظيمة".(٥٦)

ليوناردو المصمم

وبناء على التشعب العظيم لاهتمامات ليوناردو وأبحاثه، وفعليا، كل تلك الأمور التي لا ترى على أنها "فن" أو "علم" بالضبط، يمكن تصنيفها ضمن الفئة العريضة باسم "التصميم"، ولم يظهر مفهوم التصميم على أنه منهج متميز إلا في القرن العشرين ونتيجة لذلك، فإن اعتبار ليوناردو كمصمم يعني أننا نستخدم فئة حديثة لم تكن موجودة في ذلك الوقت.(٥٧) ومع ذلك يبدو الأمر محيرا أن نفحص أبحاثه واسعة المدى من منطلقنا المعاصر.

كان التصميم وقتها والآن، دائما جزءًا متكاملا لعملية أكبر تعطي الأجسام أشكالاً.(٥٨) وفي مستهلها كان التصميم عملية مفاهيمية بحتة تتضمن تصور الصور، وترتيب العناصر في نسق يلبي الاحتياجات النوعية، ورسم سلسلة من الاسكتشات التي تمثل أفكار المصمم، وكل هذه نشاطات أذهلت ليوناردو وتفوق فيها.

وعندما تنضج عملية التصميم وتتجه للاقتراب من طور التنفيذ، يزداد اعتمادها على أنظمة أخرى، ولذا فإننا نصنف الأنواع المختلفة للتصميمات وفقا للمجال الذي تعمل فيه، وتشمل مناهج التصميم الحالية المجالات التي تتعلق بالتصميمات المدنية والعسكرية والهندسة الميكانيكية، والتصميم المعماري، وتخطيط المدن والحدائق، والتصميمات الحضرية، وتصميم الملابس والموضة، وتصميمات المسارح والمنصات، وتصميمات الجرافيك، كان ليوناردو دافينشي نشطا يمارس كل "مناهج التصميم" تلك طوال حياته.

يملك المصممون الجيدون المقدرة على التفكير منهجيا وإمكانية التخليق، ويتفوقون في تصور الأشياء وترتيب العناصر المعروفة في تركيبات جديدة، وإبداع علاقات جديدة، وهم ماهرون كذلك في نقل تلك العمليات الذهنية في شكل

رسومات بنفس السرعة التي تجري بها تلك الأحداث، ومن الطبيعي أن ليوناردو كان يمتلك كل تلك المقدرات بدرجة عالية جدا، وبالإضافة لذلك، كان يملك موهبة خارقة في إدراك وحل المشكلات التقنية – خاصية محورية أخرى للمصمم الجيد – لدرجة أن ذلك أصبح هو الطبيعة الثانية لليوناردو.

لم يكن الكثير من الآلات والابتكارات الميكانيكية أصلية، فإنه عندما استخرجها من اسكتشات المخترعين السابقين، كان بدون جدال يحور فيها ويحسن تصميماتها، في أغلب الأحيان لدرجة أنه لا يمكن التعرف عليها، ووفقا لفاساري فإن ليوناردو عندما عمل على الرسم الكاريكاتوري الكبير لمعركة أنجياري، شيد سقالة عبقرية "والتي كان يستطيع بواسطتها أن يرفعها أو يخفضها وذلك بسحبها أو نشرها"، وبينما كان يقضي ساعات طويلة في إسطبلات سفورزا يرسم الخيول الأصيلة على الطبيعة، فإنه صمم أيضا ورسم اسكتشات لإسطبلات حديثة متميزة بخطوط إمداد مؤتمتة للأعلاف والمياه، وبها وسائل صرف لروث السائل، والذي شكل الأساس لإسطبلات ميديتشي بعد خمس وعشرين سنة.[٥٩] ومهما كان ما يشغله فإن الابتكارات التقنية لم تكن قط غائبة عن ذهن ليوناردو.

من الهندسة إلى العلم

بلغت مقدرة ليوناردو الإبداعية التقنية الذروة أثناء عمله "رسام ومهندس" في بلاط سفورزا، تضمنت واجبات الفنان في بلاطات عصر النهضة، بجانب رسم البورتريهات وتصميم المواكب والاحتفاليات، تنويعات من الأعمال الهندسية الصغيرة التي تتطلب عبقرية ومهارات غير عادية عند التعامل مع المواد.[٦٠] كانت المواهب الإبداعية الكثيرة عند ليوناردو مناسبة تماما لذلك، وقد ابتكر عددًا كبيرًا من التصميمات المذهلة أثناء ذلك الوقت؛ الأمر الذي جلب له شهرة كبيرة كمهندس ساحر.

كان كثير من هذه الابتكارات شيئًا غير عادي في تلك الفترة.[٦١] ومن بين هذه الابتكارات كانت هناك أبواب تفتح وتغلق تلقائيا بواسطة أوزان مقابلة، ومصباح للمنضدة متغير الشدة، وأثاث قابل للطي، ومرآة ثمانية الأوجه كانت تولد عددًا لانهائيا من الصور، وأسياخ عبقرية يمكن بواسطتها جعل "دوران المشويات بطيئًا أو سريعًا، اعتمادًا على ما إذا كانت النار معتدلة أو قوية".[٦٢] وقد تضمنت الابتكارات الأخرى ذات الطبيعة الصناعية الأكثر، مكبسًا لاستخلاص زيت الزيتون، وتنويعات لآلات الغزل والنسج ولف ألياف القنب الهندي وتهذيب اللباد وصنع الإبر.[٦٣] كان ليوناردو مخترعا مهما طيلة حياته، ويقدر العدد الكلي للابتكارات المنسوبة إليه بحوالي ثلاثمائة.[٦٤]

لكن لم يكن ازدواج الفنان المهندس أمرًا غير عادي في عصر النهضة. فمثلاً كان فيروتشيو معلم ليوناردو صائغا ونحاتًا ورساما ذائع الصيت، كما أنه كان مهندسا محترما، وكان المعماري الكبير من عصر النهضة برونيلليتشي مدربا كصائغ واكتسب شهرة أولا في فلورنسا كنحات، وفيما بعد أصبح مشهورًا كمعماري، وكان يحظى بترحيب حار لعبقريته الابتكارية كمهندس مدني وعسكري، وقد مات برونيلليتشي قبل مولد ليوناردو بست سنوات، أُعجب ليوناردو الشاب كثيرًا ببرونيلليتشي، وأقر شاكرا بما أخذه عن هذا المعماري العظيم وذلك برسم العديد من الابتكارات الرافعة الرائعة والخطط التصميمية لبرونيللتيشي.[٦٥]

ومما جعل ليوناردو مع ذلك مصمما ومهندسا متفردًا، كانت العديد من التصميمات الجديدة التي قدمها في مذكراته وتتضمن التقدم التكنولوجي الذي لم يتحقق إلا بعد العديد من القرون.[٦٦] وثانيا، كان هو الرجل الوحيد بين مشاهير مهندسي عصر النهضة الذي صنع التحول من الهندسة إلى العلم، أصبحت الهندسة مثل فن الرسم عملية ذهنية بالنسبة له، لم تكن "كيف" يعمل شيئًا ما كافيا بالنسبة لليوناردو، فقد كان يحتاج لمعرفة "لماذا"، وهكذا بدأت عملية حتمية التحرك وقادتة من التكنولوجيا والهندسة إلى العلم البحت، وكما يشير مؤرخ الفنون كينيث كلارك، يمكن أن نرى العملية أثناء سريانها في مخطوطات ليوناردو:

أولا: هناك تساؤلات حول تشييد ماكينات معينة، ثم عندئذ ... تساؤلات حول مبادئ الديناميكا الأولية، وفي النهاية تساؤلات لم تطرح من قبل قط حول الرياح والسحب وعمر الأرض والجبل وقلب الإنسان، وأصبح الفضول المجرد بحثا علميا عميقا، غير معتمد على الاهتمامات التقنية التي سبقته.(٦٧)

التصميم المعماري

كان ليوناردو نشيطا في مجال العمارة طيلة حياته، فإن اسمه لم يرتبط بأي كنيسة أو مبنى آخر، ولا ورد اسمه في أي عقد معماري، ومع ذلك كان محل مديح من معاصريه على أنه "معماري ممتاز"، ويشعر مؤرخو الفنون من أمثال لودفيج هايدنرايخ وكارلو بدريتي أنه يستحق هذه السمعة.(٦٨)

كان اهتمام ليوناردو الرئيسي في العمارة كما هو الحال في المجالات الأخرى- التصميم. وتمتلئ مذكراته بالرسومات المعمارية، وقد قام بعمل تصميمات عديدة لفيلات وقصور وكاتدرائيات، وكان كثيرا ما يستشار خبيرًا في المشكلات المعمارية.(٦٩) ومع ذلك، لم تكن رسوماته من النوع الذي يتوقعه العميل من معماري محترف، ولم تكن رسوماته قط مقترحات دقيقة أو خططا تفصيلية، كما لاحظ دانيال أراس، إنما كانت متحررة بشكل ملحوظ من "أي دراسات لتفاصيل التعبيرات المعمارية (الأعمدة، ورؤوسها، والأطر والزوايا والقوالب وما شابه ذلك)، وكان الترابط الربط المنطقي والتنظيم التبادلي لأجزاء البناء هو ما اهتم به ليوناردو.(٧٠)

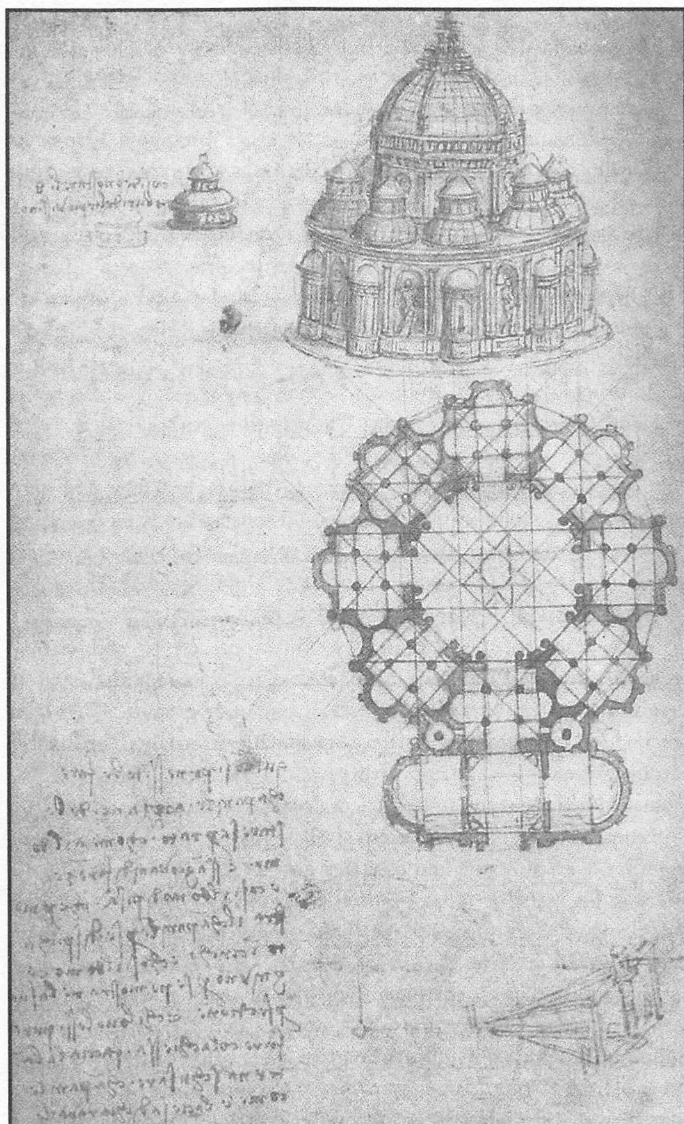
وبعبارة أخرى: كانت المشاكل التي تعامل معها ليوناردو مشاكل نظرية للتصميم المعماري، وكانت الأسئلة التي يطرحها هي نفس الأسئلة التي يتناولها من

خلال علمه بالأشكال العضوية – أسئلة حول الأنساق والتنظيم الفراغي، والإيقاع، والانسياب، ويمكن رؤية الملاحظات المصاحبة لرسوماته كقطع من دراسة فن العمارة، ووفقا لهايدنرايخ، ربما كان في نيته تنفيذها (مكتوبة بطريقته المعتادة كصورة مرآة، ولذا فهو يوجهها لنفسه).(٧١)

وكنتيجة لمنهجه الفريد الشامل في العمارة، تتميز تصميمات ليوناردو المعمارية بعدم الاكتراث الملحوظ بالأشكال الكلاسيكية، وبدرجة عالية من الأصالة، ويكتب أراس، "كانت الحلول التي يتخيلها غير تقليدية حتميا (عبقرية) – أو يمكن القول، لم تكن "كلاسيكية"، وكانت في الوقت نفسه قوطية من بعض الأوجه، وعلى الجانب الآخر بها تأنق وتكلف".(٧٢)

وتكشف أصالة ليوناردو عن نفسها في تكامله الذي يبدو وكأنه بلا مجهود للعمارة والهندسة المعقدة، ويبدو ذلك واضحًا على وجه الخصوص، في العديد من تصميماته للكنائس والمعابد "المتمركزة" والمتماثلة قطريا (انظر شكل ٢–٥).

وعلى الرغم من أن الكنائس التي لها خطة مركزية كانت التصميم المفضل لألبرتي وبرونيلليتشي والمعماريين الآخرين من عصر النهضة، كانت مجموعة الأنساق الهندسية المرحة – تذكر تقريبا بكسور النظرية المعقدة لهذه الأيام – فقد كان يتفرد بها ليوناردو، ويلاحظ مارتن كيمب أن "التكامل الرياضي للأجزاء يتوصل بشكل ما إلى شعور ضاغط بالوحدة العضوية في المنظور الخارجي للبناء بشكل فريد يخصه وحده، وكان المنظر الفراغي الذي سمح له بعرض تصميماته كمفهوم ثلاثي الأبعاد تمامًا، كان له نفس الدرجة من التأثير والتميز، مثل قطعة من النحت، بدلاً من مركب من مستوى وارتفاعات منبسطة.(٧٣)



شكل ٢-٥ تصميم معبد متمركز، حوالي ١٤٨٨، متحف آشبورنهام I، ملف 5 v

ومن وجهة نظر التركيز المحوري لليوناردو على مفهوم الأشكال الطبيعية، سواء على المستوى الماكرو - أو الميكرو (العالم الكبير أو الصغير)، فليس من الغريب أنه أكد على التماثل بين البنى المعمارية، والبنى الموجودة في الطبيعة، وخاصة في التشريح البشري، وفي الحقيقة تعود هذه الرابطة بين العمارة والتشريح إلى الأزمنة القديمة وكانت شائعة بين المعماريين من عصر النهضة، الذين أقروا بالتماثل بين المعماري الجيد والطبيب الجيد.[٧٤] وكما يفسر ذلك ليوناردو:

> لا بد للأطباء والمعلمين وهؤلاء الذين يعتنون بالمرضى أن يفهموا ما الإنسان؟ وما الحياة؟ وما الصحة؟ وبأي طريقة تحافظ العناصر على توافقها وانسجامها، وبينما يخربها ويدمرها عدم الانسجام بين هذه العناصر ... وتحتاج الكاتدرائية المعيبة لنفس الشيء؛ أي أنها تحتاج إلى طبيب معماري يفهم جيدا ما المبنى؟ وعلى أي القواعد تنتج طريقة البناء الصحيح؟[٧٥]

ومع ذلك، ذهب ليوناردو أبعد من هذه التشابهات الشائعة، مثلاً، بمقارنة قبة الكنيسة بجمجمة الإنسان، أو الأقواس في قنطرتها بالقفص الصدري، تماما كما كان مهتما بعملية الأيض في الجسم - الشهيق والزفير في التنفس، وانتقال المغذيات ونتاج الفضلات في الدم- كما اهتم كذلك اهتماما خاصا "بأيض" المبنى، دارسا كيف تسهل الأبواب والدرج الحركة خلال المبنى.[٧٦] واللوحة التي تبين مجموعة وندسور وبها تخطيط للأوعية الدموية في الإنسان بجانب سلسلة من الاسكتشات للدرج، تظهر كيف أنه من الواضح أن ليوناردو قد استخدم عن وعي استعارة عمليات الأيض في تصميماته المعمارية.[٧٧]

لم يكن اهتمام ليوناردو الخاص بكيفية الحركة وانسيابها خلال المباني- وقفا على الدواخل فقط، بل تضمن كذلك الأراضي المحيطة عن طريق بوابات ولوجيات(*) وشرفات، وفي الواقع كان يعتبر الحدائق جزءًا مكملا للبيت عند تصميمه للفيلات والقصور، وتعكس هذه التصميمات جهوده المستمرة لتكامل العمارة مع الطبيعة، وقد تمت مناقشة بزوغ وتطور حدائق عصر النهضة ومساهمات ليوناردو الأصلية في تصميم المشاهد والحدائق، بتفصيل كبير بواسطة عالم النباتات وليم إيمبودن في كتابه الجميل "ليوناردو دافينشي عن النباتات والحدائق"(٧٨)

ويتضح الامتداد الآخر لرؤية ليوناردو العضوية للمباني، وتركيزه الخاص على "أيضها" في مساهماته الرائدة في التصميم الحضري، وعندما رأى الطاعون في ميلانو بعد فترة وجيزة من وصوله إليها سنة ١٤٨٢، أيقن أن تأثيراته المدمرة تعود بدرجة كبيرة إلى الظروف الصحية الرهيبة في المدينة، وبطريقة نمطية، جاء رد فعله اقتراحا بإعادة بناء المدينة بطريقة تقدم للناس إسكانا ملائمًا وللحيوانات ملاجئ، والسماح بتنظيف الشوارع بانتظام بواسطة غسلها بالمياه، وقد علل ليوناردو: "يحتاج المرء إلى نهر سريع السريان؛ ليتجنب فساد الهواء الناتج عن الركود، وسيكون ذلك مفيدا أيضا في تنظيف المدينة بانتظام عند فتح بوابات الصرف".(٧٩)

كان تصميم ليوناردو للمدينة المثالية راديكاليا بالنسبة للعصر، وقد اقترح تقسيم السكان إلى عشر مناطق (أحياء) على طول النهر، تضم كل واحدة منها ثلاثين ألف مواطن، وقد كتب ليوناردو أنه بهذه الطريقة "ستنتشر مثل هذه التجمعات من الناس وتتزاحم كقطيع من الماعز فوق ظهور بعضها البعض، وستملأ كل ركن بالنتانة وستنتشر بذور الوباء والموت".(٨٠)

(*) اسم سمة من السمات المعمارية من أصل إيطالي على شكل بهو أو طرقة على مستوى الأرض. (المترجم والمراجع)

وفي كل منطقة (أو حي) سيكون هناك مستويان - مستوى علوي للمشاة ومستوى سفلي للمركبات - يربط بينهما درج، ويزود المستوى العلوي بطرقات ذات بواكي ومنازل جميلة بها شرفات تطل على حدائق، وفي المستوى الأدنى هناك محلات ومساحات لتخزين البضائع وبه أيضا طرق وقنوات لتوزيع البضائع بواسطة العربات والقوارب، تضمن تصميم ليوناردو بالإضافة لذلك قنوات تحت الأرض لتنقل المجاري "والمواد كريهة الرائحة".(٨١)

ويتضح من مذكرات ليوناردو أنه كان يرى المدينة كنوع من الكائنات الحية، والذي فيه الناس والبضائع المادية والغذاء والماء والفضلات كانت تحتاج للحركة والسريان بسهولة لتظل المدينة صحية، ولسوء الحظ لم ينفذ لودوفيكو أيًّا من أفكار ليوناردو الجديدة، ولو كان قد فعل ذلك، ربما غير ذلك من تاريخ المدن الأوروبية، وكما يشير الطبيب شيروين نيولاند "كان ليوناردو يتخيل المدينة مؤسسة على مبادئ النظافة والصحة العامة، التي لم تلق الاعتراف بها لمدة قرون".(٨٢)

وقبل وفاته بسنتين، أتيحت لليوناردو فرصة أخرى ليعكس أفكاره عن التصميم الحضري، عندما طلب منه ملك فرنسا رسم خطط عاصمة جديدة ومقر ملكي.(٨٣) ومرة أخرى قام ليوناردو بتصميم مدينة تقطعها القنوات لكي تستخدم ليس فقط لإمداد النافورات الجميلة بالمياه، بل كذلك للري والتنقل ولتنظيف المدينة والتخلص من الفضلات، ومرة أخرى، أصر ليوناردو على أهمية دورة المياه من أجل صحة الكائنات الحضرية، وفي هذه المرة، بدأ بالفعل العمل في هذا المشروع الضخم، فإنه قد تم هجره بعد سنوات قليلة، عندما أهلك الوباء القوى العاملة، وقد عادت للحياة فكرة ليوناردو عن الصحة الحضرية حديثًا جدا على أساس رؤيته للمدينة كمنظومة حية، وذلك في ثمانينيات القرن العشرين، عندما أنشأت منظمة الصحة العالمية مشروعها عن المدن الصحية في أوربا.(٨٤) واليوم تنشط حركة المدن الصحية في أكثر من ألف مدينة حول العالم، على الأغلب دون دراية من المساهمين بأن المبادئ التي قام عليها المشروع قد أرسيت بواسطة ليوناردو دافينشي منذ أكثر من خمسة قرون مضت.

الفنان كساحر

كان أحد الواجبات الأساسية لفناني البلاط في عصر النهضة هو تصميم التجهيزات والمشاهد لحفلات البلاط – المواكب والعروض المسرحية – بكل الديكورات اللازمة، والأزياء، والتصميمات المعمارية العابرة، ومن خلال هذه المشاهد، كان الفنانون يبدعون المناظر البديعة، والثراء، والسلطة في البلاط والتي يريد الحكام أن يظهروها، اشتهر بلاط سفورزا في ميلانو بفخامة ثراء مواكبه، التي كانت تجري في الاحتفالات الدينية السنوية وكذلك فى سلسلة من الزيجات الملكية الباهرة، وكان ليوناردو على دراية تامة بأهمية دوره في إبداع المشاهد الباهرة لمثل هذه الأحداث، وقد كرس وقتا وطاقة كبيرة لمثل هذه المهام، وتفوق فيها لدرجة لا تقل عن تفوقه في أعماله الفنية الأخرى، ومن المؤكد أن ليوناردو، كما يشير أراس، "يدين بكثير من شهرته لمواهبه التي بلا منازع كفنان للأمور العابرة".[٨٥]

كانت الفعاليات المسرحية بالتحديد هي المحرك المثالي لكي يظهر ليوناردو تنوعه وذكاءه الخارق كمصمم، عمل ليوناردو في كثير من مسرحيات البلاط منتجا، ومصمما للمسرح وللملابس، ورجل ماكياج، كما عمل مخترعا لآلات المسرح.[٨٦] وقد درس بعناية تلك الفنون المسرحية، ثم قام بابتكار كثير من التجديدات، وعلى سبيل المثال كان ليوناردو أول من اخترع المسرح الدوار في تاريخ المسرح، كما كان هو أول من اخترع عملية رفع الستار بدلاً من خفضه في بداية المسرحية، كما كان متبعا من قبل.[٨٧]

وفي معظم مسرحياته الفخمة، جمع ليوناردو مهاراته في فن الرسم، وتصميم الملابس، وتأليف الموسيقى، والهندسة ليصنع مسرحية متكاملة ورائعة؛ بمشاهد متحركة و"تأثيرات خاصة" أنتجها بواسطة آلاته المسرحية، وكانت هذه

المسرحيات بالنسبة لمعاصريه ملهمة بشكل صارخ، تكاد تقترب من السحر، وعلى سبيل المثال، ابتكر ليوناردو في إنتاجه لمسرحية داناي لبالدسار تاكون، ابتكر الخدع الباهرة لتحول زيوس إلى مطر ذهبي، واستنساخ داناي إلى نجم، وأثناء الاستنساخ الأخير كان المشاهدون يرون نجما.... يرتفع إلى السماء ببطء يصاحبه صوت من القوة بحيث بدا كأن القصر سينهار.(٨٨) وعندما قام ليوناردو بإعداد مسرحيته أورفيو من تأليف أنجيليو بوليتسيانو، ابتكر ليوناردو منظومة من تروس الحركة والأوزان المقابلة ليصور جبلاً ينشطر منفتحا فجأة كاشفا عن بلوتو(*) فوق عرشه صاعدا من الأعماق السحيقة تحت الأرض يصاحبه أصوات مرعبة وأضواء شيطانية.(٨٩) وقد أرست إنجازاته المسرحية العظيمة بشدة شهرته كمهندس متألق وساحر فريد للمسرح.

وعادة ما كانت تحتوي الأبسطة المزخرفة وعناصر الديكور الأخرى المصممة لمواكب البلاط و"الأقنعة"، على شعارات واستعارات مغرقة في الرمزية، ومتلاعبة بالألفاظ، التي تخدم لتمجيد السلطات الحاكمة، وقد أنتج ليوناردو الكثير من هذه الرسومات المجازية، والتي بها رسائل رمزية معقدة، ما زال الكثير منها يستعصي على تفسير مفكري العصر الحديث، كما أصبح ليوناردو مولعًا باستخدام نوع أكثر تجريدًا لشعار يمثل منحنيات متشابكة على شكل عقد ولفائف. كانت تعرف تصميمات العقد تلك، التي كانت مشهورة جدا في أواخر القرن الخامس عشر، باسم فانتازيا دي فينشي (fantasia dei vinci)، على اسم سيقان البوص (فينشي vinci) المستخدمة في صنع السلال، استخدم ليوناردو كلمة فينشي المتداخلة مع اسمه، مستغلا الارتباط غير المقصود، كفكرة في تصميم توقيعه على رسوماته العديدة.(٩٠)

(*) بلوتو – إله الموتى والجحيم في الأساطير الإغريقية. (المترجم والمراجع)

وخلال السنتين الأخيرتين لليوناردو في بلاط سفورزا، ابتكر ليوناردو الشعار الأخير للأمير لودوفيكو - وهو عبارة عن فانتازيا دي فينشي الهائل والمعقد، والذي شغل الحوائط والسقف المقوس لكل الغرفة، أما الغرفة التي تدعي حجرة الألواح الخشبية sala delle Asse فهي حجرة مربعة فسيحة في البرج الشمالي من قلعة سفورزا، التي بها أربع فتحات هلالية على كل حائط تتجمع لتصنع قبوا واضح المعالم، وتبين الديكورات عالية الإبداع لليوناردو بساتين أشجار التوت الداكن الأرجواني وقد تجذرت في التربة الصخرية السفلى بجذوعها التي تعلو حتى تصل إلى السقف مثل الأعمدة التي تدعم القبو الفعلي وتتقاطع غصونها مع القبو في بنية مقضية قوطية لمنحنيات متعرجة داخليا.[٩١] وتشكل الأغصان والأوراق الصغرى متاهة وافرة متشابكة للخضرة المنتشرة حول الحوائط وعبر السقف ويتماسك كل التشكيل مع بعضه البعض بشريط ذهبي لانهائي يلتف حول الأغصان وفيها بتصميم أرابيسك تقليدي معقد.

واللوحة في صالة ديللي آسي متميزة على عدة مستويات، وبناء على معرفته الغزيرة بالنباتات، أعطى ليوناردو الأغصان والأوراق مظهرًا واقعيا للنمو الغزير المثير للدهشة، كما قام بتكامل أنساق النمو الطبيعي بطريقة جميلة ورقيقة في البنية المعمارية القائمة وفي هندسة الديكورات الرسمية (انظر شكل ٢-٦)، وقد نسج ليوناردو بالإضافة لذلك معانى عديدة في متاهته الورقية التي تعدت التمجيد الاضطراري للأمير.[٩٢] ومن الواضح أن الصالة كانت مكرسة لفخامة لودوفيكو، وتمتدح النقوش في اللوحات التذكارية الأربع، سياساته، ودرع يحمل السترة الدرعية المشتركة للودوفيكو وزوجته بياتريشي ديستين تزين مركز القبو، وتعني الأغصان المتشابكة تخليد اتحادهما.



شكل ٢-٦ تفاصيل من صالة ديللي آسي، ١٤٩٨-٩٩، قلعة سفورزا، ميلانو

لكن كان هناك ما هو أكثر رقة في معاني تصميمات ليوناردو، فشجرة التوت الأرجواني الداكن نفسها ثرية في رمزيتها، واستخدام أسلوب معين في الشجرة بالأوراق والجذور كان واحدًا من شعارات سفورزا، أما التوت الأرجواني الداكن فكان يشير إلى الكنية المعروفة جيدًا للأمير(*) il moro (المغربي) والتي تعني أيضا "التوت الأرجواني الداكن"، وكان التوت الأرجواني الداكن يعتبر أيضا شجرة حكيمة وحريصة؛ حيث إنها تزدهر ببطء وتنضج بسرعة، وعليه تعرف كرمز للحكومة الحكيمة، وبالإضافة لذلك، كانت أشجار التوت الأرجواني الداكن لها صلة بإنتاج الحرير، وهي الصناعة الرئيسية في ميلانو والتي شجعها لودوفيكو بشدة، وقد قوى من هذه العلاقة الشريط الذهبي الذي لم يبرر فقط أناقة بلاط سفورزا، لكنه كان مذكرا بصناعة الخيوط الذهبية وهي تخصص آخر لميلانو.

وحتى على مستوى أعمق، كانت ديكورات ليوناردو تحمل في طياتها في صورة رمزية لقناعته بأن الصناعة البشرية يجب أن تكامل نفسها بطريقة متناغمة في الأشكال الحية للطبيعة، ومن المؤكد أنه ليس مبالغة أن نرى ديكورات فينشي لصالة ديللي آسي كرمز لعلم ليوناردو، ومن الممكن أن نرى أن الجذوع أو الأعمدة المنفردة التي تعتمد عليها الصالة، على أنها الرسائل التي خطط ليوناردو لكتابتها عن المواضيع المتنوعة، والراسخة في تربة المعرفة التقليدية، لكن كان من المقصود أن تخترق صخور وجهات النظر الأرسطية للعالم، وأن تأخذ المعرفة البشرية لمستويات جديدة أعلى، ومع تكشف محتويات كل رسالة، فإنها قد ترتبط بعضها مع بعض لتكون كلا متناسقا، والتشابه بين الأنساق والعمليات التي تربط الواجهات المختلفة للطبيعة بعضها مع بعض يقدم الخيط الذهبي الذي يكامل الفروع المتعددة لعلوم ليوناردو في رؤية موحدة للعالم.

(*) كلمة Moro تعني المغربي، أو أحد فاتحي الأندلس، أو المسلم. (المترجم والمراجع)

وبعد ليوناردو بمائة عام، قام الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت بمقارنة العلم أو "الفلسفة الطبيعية" كما كانت تعرف عندئذ بالشجرة، وقد كتب يقول: "الجذور هي الميتافيزيقية، والجذع هو الفيزياء، والغصون هي كل العلوم الأخرى".(٩٣) وفي استعارة ديكارت، فإن الفيزياء نفسها مترسخة في الميتافيزيقية، وهي الأساس الوحيد لكل العلوم، والمنهج الذي يقدم أكثر الأوصاف أساسية للواقعية، وعلى النقيض لا يمكن اختزال علوم ليوناردو إلى أساس وحيد، كما رأينا، ولا تنبع قوتها من جذع منفرد، ولكن من الارتباط المتداخل المقعد لفروع أشجار كثيرة، وبالنسبة لليوناردو، كان الإقرار بالأنساق المتعددة للعلاقات في الطبيعة هو السمة المميزة للعلوم العالمية، واليوم نشعر نحن أيضا بحاجة أكثر لمثل تلك العالمية، أو المنظومية، أو المعرفة، التي هي أحد الأسباب التي من أجلها صارت رؤية ليوناردو الموحدة للعالم مسايرة بدرجة كبيرة لعصرنا.

وسأتتبع في الفصول القادمة شريط ليوناردو الذهني على طول الفروع المختلفة لعلومه عن الأشكال الحية، ولكن قبل البدء في هذه المرحلة، من المهم أن نعرف المزيد حول متى وأين نمت هذه الفروع وأورقت في حياته الخاصة.

الفصل الثالث

الفلورنسي

بالنظر إلى الشهرة العظيمة التي حازها ليوناردو أثناء حياته، والكم الهائل من المذكرات التي تركها، فمن المدهش أن المعرفة الموثوق بها عن سيرة حياته شحيحة جدا، وفي مذكراته، كان من النادر أن يعلق على الأحداث الخارجية، ومن النادر أن يؤرخ لموضوعاته أو رسوماته، كما يوجد القليل جدا من المراجع الدقيقة لأحداث معينة في حياته في الوثائق الرسمية أو في خطابات عصره.

ولذا ليس من المستغرب أن الأجيال المتعاقبة من مؤرخي السير والمعلقين قد اعتمدوا بدرجة معينة على الروايات والأساطير حول ذلك العبقري من عصر النهضة، وقد ظل الأمر كذلك حتى أواخر القرن التاسع عشر إلى أن تم تحقيق ونشر مذكراته في النهاية، وحتى بدأ المدى الكامل لذكاء ليوناردو في البزوغ، وفقط في القرن العشرين أصبح من الممكن لكتاب السيرة ومؤرخي الفنون في النهاية المقدرة على تمييز الحقيقة من الخيال والتوصل إلى سير ذاتية صحيحة، وتم ذلك بعمل مباحثي بدرجة كبيرة.[١]

وقد جعلت هذه الأعمال التفصيلية من الواضح أن القوة الدافعة في حياة ليوناردو كانت فضوله العلمي المهول، وكان دائم السعي لإيجاد ظروف مستقرة ذات دخل منتظم يسمح له بالانشغال بأعماله الفكرية دون أي اضطراب نسبيا، بدلا من الاعتماد على الهبات غير المنتظمة عن أعماله الفنية، وكان ليوناردو ناجحا جدا في هذا الخصوص، وعاش مطمئنا في رغد معظم حياته، وقد تم تعيينه كفنان ومهندس للبلاط لدى العديد من حكام ميلانو، وروما، وفرنسا، ولم يتردد في تغيير ولائه عندما كانت تنحسر الحظوظ السياسية لرعاته – طالما قدم له الحاكم الجديد دخلا ثابتا وحرية كافية ليواصل أبحاثه العلمية.

وقفت رغبة ليوناردو في ظروف مستقرة، يستطيع فيها أن يمارس بهـدوء فنه وعلمه، وأن يواصل واجباته المتوقعة منه في البلاط، وقفت في تعارض قـوي مع الأزمنة المضطربة التي كان يعيش فيه، كانت إيطاليا خلال القـرن الخـامس عشر رسما متعددَ الألوان يضم أكثر من عشر ولايات مستقلة، التي دائما ما كانت تدخل في تحالفات متغيرة وفي نضال مـستمر مـن أجـل الـسلطة الاقتـصادية والسياسية، والتي كانت دائمًا على حافة الانزلاق للحرب، كانت القوى الرئيسية في ذلك الزمان في يد دوقات ميلانو وسافوي وجمهورية فينسيا فـي الـشمال، وفـي جمهورية فلورنسا والأراضي البابوية في منتصف شبه الجزيرة، وممالـك نـابلي وصقلية في الجنوب، وبالإضافة لذلك كان هناك عدد من الولايات الأصغر جنـوا ومانتوا وفيرارا وسينا.

كان على ليوناردو أن ينتقل مرات عديدة فـي مواجهـة الحـرب المهـددة والاحتلال الأجنبي والتغيرات الأخرى في القوى السياسية، وهكذا قاده مسار حياته من فلورنسا إلى ميلانو، ومن ميلانو إلى فينيسيا، ثم مرة ثانية إلى فلورنسا ثم العودة ثانيـة إلى ميلانو، ثم روما، وفي النهاية إلى أمبواز في فرنسا، وبالإضافة إلـى ذلـك، قـام بالعديد من الرحلات القصيرة داخل إيطاليا متضمنة السفر عدة مرات من فلورنسا إلـى روما وإلى أماكن متنوعة من توسكانيا ورومانيا، ومن ميلانو إلى بافيا وبحيرة كومـو وجنوا، ولم ترد كلمة واحدة في مذكرات ليوناردو عن تلك التغيرات المفاجئـة العديـدة والتحركات الاضطرارية في حياته، وبالنظر على أن الـسفر بالخيـل والبغـال كـان يستغرق وقتا محسوسا في تلك الأيام، من الواضح أنه قد قضى جزءًا لا بأس به مـن حياته على الطريق؛ مما يجعل إنتاجه العلمي والفني الضخم أكثر تأثيرًا.

وعلى الرغم من كل هذا الارتحال، فقد ظل فن ليوناردو وثقافته متأصلين في فلورنسا، كان يتحدث لهجة توسكانية فصيحة متميزة، كانت محل إعجاب كثير في بلاط سفورزا بميلانو، وكان يعرف طول حياتـه بـــ "ليونـاردو دافينـشي الفلورنسي"، ومع ذلك وقبل أن يكتسب ليوناردو ثقافته الفلورنسية كانت له خبرات طفولة مبنية على الريف التوسكاني، التي أضفت دائما على شخصيته وذكائه.

الطفولة في فينشي

ولد ليوناردو في ١٥ أبريل ١٤٥٢ في فينشي، في قرية توسكانية ساحرة على سفوح مونتاليانو، على مسافة ما يقرب من عشرين ميلا إلى الغرب من فلورنسا، كان أبوه سير بيرو دافينشي شابا طموحا يعمل موثقا في الشهر العقاري[٢]، وكانت أمُّه فلاحة تدعى كاترينا، وكان ليوناردو ابنا غير شرعي؛ مما حَدَّ من فرص ترقيه فيما بعد بشكل حاد، وبعد ولادته بفترة وجيزة تزوجت أمه من فلاح محلي بينما تزوج أبوه من امرأة شابة بورجوازية من فلورنسا، ربما ليحفز ترقيه في فلورنسا؛ حيث زاد من عملائه تدريجيا، وتربى الولد على يدي جديه وعمه الأكبر فرانشيسكو، الذي كان يدير مزرعتهم في فينشي.

كان فرانشيسكو دافينشي يكبر ليوناردو بستة عشر عاما فقط، وكان مولعا بابن أخيه وسرعان ما أصبح بمثابة الأب له، كان رجلا رقيقا متأملا ومحبا للطبيعة وعارفا جيدا بها، وكان فرانشيسكو يقضي هو والطفل ساعات طويلة يتنزه بين حقول الكروم وبساتين الزيتون التي تحيط بفينشي (كما هو الحال في هذه الأيام)، مراقبا الطيور، والسحالي، والحشرات والمخلوقات الصغيرة الأخرى التي تعيش في الريف، ومعلما الطفل أسماء وخواص الزهور والنباتات الطبية التي كانت تنمو في المنطقة.

وبلا شك كان لفرانشيسكو الفضل في غرس الاحترام العميق للحياة في ليوناردو الشاب، وكذلك الفضول غير المحدود، والصبر المطلوب لملاحظة الطبيعة الحميمة، كما بدأ ليوناردو الرسم مبكرًا في طفولته، وقد دوّن مذكراته "العديد من الزهور المنسوخة من الطبيعة" ضمن أعماله التي أنتجها في شبابه،[٣] ورسومه الكائنة المبكرة التي أنجزت في سن واحد وعشرين عامًا، تمثل كلها منظر ريف توسكانيا في طفولته، بالحقول المحروثة، يحيط بها سفوح وصخور جبال مونتاليانو.[٤]

ومن المثير أنه في تلك الرسومات المبكرة كما في واد به طيور مائية (شكل ٣-١) رسمها بعد ذلك بسنوات قليلة صور ليوناردو التكوينات الصخرية الدراماتية التي قد شكلت خلفية معظم لوحاته، ويبدو أنه كان مفتونا طول حياته بقمم الصخور التي نحتتها المياه وحولتها بذلك إلى حصى وتربة خصبة، نشأت في خبرته الطفولية بجداول الجبال والنتوءات الصخرية والمألوفة في المناطق الريفية حول فينشي.

استكشف ليوناردو، عندما كان شابا، تشكيلات الصخور الغامضة ومساقط المياه والكهوف، وبمرور السنوات، اشتدت ذاكرة تلك الأمور بلا شك، عندما تبنى ليوناردو التشابه القديم بين العالم الماكروي والميكروي، وبدأ يرى الصخور والتربة والماء وكأنها العظام واللحم والدم في الأرض الحية، وهكذا أصبحت التشكيلات الصخرية من طفولته هي اللغة الأسطورية الشخصية، التي ستظهر إلى النهاية في رسوماته.

في فينشي، التحق ليوناردو بإحدى المدارس العادية (scula dabaco) "مدارس المعداد"، التي تعلم الأطفال القراءة والكتابة والمعرفة البدائية للحساب، لتأهيلهم لما يحتاجونه في التجارة.[٥] وكان على الطلاب الراغبين في الالتحاق بالجامعة أن يتوجهوا إلى مدارس الآداب(Scula di lettere)؛ حيث يدرسون الإنسانيات المبنية على دراسة المؤلفين اللاتينيين العظام، وتتضمن مثل هذه الدراسة علم البلاغة والشعر والتاريخ والفلسفة الإملائية.

وكونه ابنًا غير شرعي، كان محرما عليه الالتحاق بالجامعة، ولذلك لم يذهب إلى Scula de lettere وبدلاً من ذلك، بدأ تدريبه على الفنون، وقد كان لذلك تأثير حاسم على تعليمه اللاحق وتطوره الفكري، وكونه غير متعلم يعني أنه تقريبا لا يعرف أي لاتينية، وعليه لم يكن قادرًا على قراءة الكتب الفكرية في عصره، إلا القليل من الكتب التي كانت تترجم إلى العامية، وكان ذلك يعني أيضًا أنه لم يكن على دراية بقواعد علم البلاغة المعروفة في المجادلات الفلسفية.



شكل ٣-١ واد به طيور مائية، حوالي ١٤٨٣. مجموعة وندسور، المشاهد، والنباتات، ودراسات مائية. ملف 3r

وفيما بعد أثناء حياته، قام ليوناردو بالمثابرة على التغلب على هـذا العيـب بأن علم نفسه عدة مناهج، مستشيرا المفكرين أينما أتيح له ذلك، وجامعـا مكتبـة شخصية جديرة بالاعتبار، وعلى الجانب الآخر، تحقق من أنه كونه غيـر متقيـد بالقواعد الكلاسيكية، يعتبر ذلك ميزة، لأن ذلك جعل الأمر أكثر سهولة ليتعلم مـن الطبيعة مباشرة، وخاصة عندما تعارضت ملاحظاته مع الأفكار التقليدية. وقد كتب دفاعه الشخصي عند بلوغه الأربعين، "إنني أدرك تماما كوني رجـلاً لـم يـتعلم سيجعل بعض الأشخاص المتغطرسين يحطون من قدري وعندهم السبب في ذلـك "إنهم أغبياء!"، وهم لا يعلمون أن أموري تستحق ما هو أكثر من ذلك؛ لأنها نتجت عن الخبرة بدلا من كلمات الآخرين، وأنها سيدة أولئك الذين يكتبون الأفضل".(٦)

أظهر ليوناردو موهبة فنية عظيمة مبكرًا في شبابه، وقد طغى عليه كـذلك إبداعه للفن وللعلوم مبكرًا، وقد صور فاساري ذلك بوضوح شديد في قصة رواها، عندما سألت فلاحة بيرو دافينشي درعًا خشبيًا صغيرًا مزينا برسم من فلورنسا، لم يعط الدرع إلى فنان من فلورنسا، بل أعطاه لابنه ليرسم عليـه شـيئا مـا، قـرر ليوناردو أن يرسم عليه مسخًا مرعبًا.

كتب فاساري "ليقوم بعمل ما يرغب فيه، أخذ ليوناردو معه إلـى حجـرة خاصة به، لا يدخلها أحد غيره، أخذ عددا مـن الـسحالي والجنـادب والأفـاعي والفراشات والجراد والخفافيش وأنواع أخرى غريبة من تلك الطبيعة، أخذ ليوناردو يجمع أجزاء مختلفة من كل ذلك-ليكون مسخًا مخيفًـا ومرعبًـا.... وقـد صـور المخلوق وهو يبزغ من شق مظلم من صخر وهو يتجشأ إفرازه من حلقه، وينفـث النار من عينيه، والدخان من منخاره بشكل مرعب، لدرجة أن التأثير كان مهـولا ومخيفا، استغرق ليوناردو في العمل لفترة طويلة لدرجة أن رائحة الحيوانات الميتة النتنة أصبحت غير محتملة في الحجرة، ومع ذلك لم يلاحظ هو ذلك بسبب عـشقه الكبير للرسم".

وعندما جاء سير بييرو ليرى الرسم المنتهي، "عاد ليوناردو إلى الغرفة ووضع الدرع على حامل في الضوء وأظلم النافذة ، وعندئذ طلب من بييرو الدخول ليرى الرسم، وعندما وقعت عينا بيرو على الرسم، أخذ تماما على غرة، وصرخ فجأة، غير متحقق من أنه يرى الدرع، وأن الشكل الذي رآه، كان في الواقع مرسوما عليه، وعندما تراجع مبتعدا، أوقفه ليوناردو وقال: "يخدم هذا العمل بالتأكيد الغرض منه، لقد أتى برد الفعل المطلوب، ولذا تستطيع أن تأخذه".

وتصور القصة العديد من الخصائص الكثيرة التي صارت عناصر أساسية في عبقرية ليوناردو، فالرسم تعبير عن فانتازيا الصبي، لكنها مبنية على ملاحظاته الدقيقة للأشكال الطبيعية، وكانت النتيجة صورة تضم واقعًا خياليا ومذهلاً؛ وقد تم تحفيز هذا التأثير بشكل كبير بواسطة الميل المسرحي للفنان عندما قدم عمله، وفضلا عن ذلك، فإن وصف فاساري لعمل الشاب لساعات طويلة بدون أن تزعجه الروائح النتنة للجثث المتعفنة يستبق بشكل غريب المقاطع التشريحية التي سيصفها ليوناردو بشكل واضح بعد أربعين سنة تقريبًا.(٧)

التدريب في فلورنسا

تغيرت حياة ليوناردو دراميا عندما بلغ الثانية عشر، توفى جده وتزوج عمه فرانشيسكو، ونتيجة لذلك غادر ليوناردو فينشي ليعيش مع أبيه في فلورنسا، وفي غضون سنوات قليلة بدأ يتدرب مع الفنان والحرفي الشهير فيروتشيو، وتزوج سير بيرو في تلك الأثناء مرة ثانية بعد أن توفيت زوجته الأولى أثناء الوضع، والتحركات الدقيقة لليوناردو التي أعقبت ذلك، في ذلك الوقت من حياته، ليست مؤكدة، فربما مكث في الريف مع جدته بضع سنوات، أو ربما يكون قد التحق بورشة فيروتشيو وهو في الثانية عشرة، فإن معظم المؤرخين يعتقدون أنه قد بدأ تدريبه وهو يقترب من سن الخامسة عشرة.

لم يكن تعداد سكان فلورنسا في ستينيات القرن الخامس عشر يزيد عن ١٥٠٠٠٠ نسمة، لكن قوتها الاقتصادية وأهميتها الثقافية كانتا على قدم المساواة مع كبريات العواصم الأوربية.(٨) كان لها مراكز تجارية في المناطق الرئيسية من العالم المعروف، وكان ثراؤها يجذب الكثير من الفنانين والمفكرين، الذين جعلوا منها بؤرة الحركة الإنسانية البازغة، كان الفلورنسيون فخورين بأهمية مدينتهم، وبحريتها وحكومتها الجمهورية، وجمال نصبها التذكارية، وخاصة حقيقة أن فلورنسا قد خلفت وراءها ماضيها الفوضوي من العصور الوسطى، وتبنت روح عصر جديد.

وخلال القرن الرابع عشر، كانت فلورنسا مسرحا للعديد من العداوات المميتة، والعصابات المتعاقبة التي حاربت بعضها البعض في الشوارع، وكانت العائلات الثرية تبني منازلها وكأنها قلاع، وغالبا ما تحصن بأبراج مشيدة عليها، وعندما حل ليوناردو في المدينة كانت معظم هذه القلاع المزعجة قد اختفت، وقد توسعت الطرق الملتوية الضيقة من العصور الوسطى وأصبحت مستقيمة، وتم تنظيف الأحياء غير الصحية، وانشغلت البورجوازية الفلورنسية الثرية ببناء القصور الفخمة، مستخدمين الحجر الرملي المحلي المعروف باسم Pietra serena (بيترا سيرينا) والتماثلات الصارمة لعمارة عصر النهضة الجديدة لتمنح مدينتهم جوا متجانسا من الأناقة النبيلة.

وبالنسبة لليوناردو المراهق، الذي وصل إلى فلورنسا من المزرعة وقرية صغيرة بها بضع عشرات من المنازل، بدت هذه المدينة المقدامة الحية والجميلة، وكأنها من رواية خيالية، وكانت قبة برونيليتشي الرائعة، التي توجت الرخام اللامع لسانتا ماريا ديل فيوري، وكاتدرائية فلورنسا، التي تم الانتهاء منها حديثا، قد اعتبرت كواحدة من عجائب العالم الحديث، وكانت هناك أربعة جسور تعترض نهر آرنو، وفي مركز المدينة كان ليوناردو كثيرا ما يمر بالقصر الفخم الجليل لأسرة مديتشي، وبالقرب من بونتي منيتشيو، أحد الجسور العظيمة في المدينة، كان يرى قصر روتشيلاي ذي النسب الدقيقة، وكان كلاهما قد بني قبل ميلاده مباشرة، وكان البدء في بناء قصر بلاتسو بيتي يجري على الجانب الآخر من نهر آرنو.

وقد بنى أكثر من عشرين قصرا أخرى في السنوات الستة عشرة التي قضاها ليوناردو في فلورنسا، وكان التجميل المكثف للمدينة مدعوما بعدد ضخم من الورش التي أنتج فيها الفنانون والحرفيون المواد المطلوبة والأعمال الفنية والديكورات الفاخرة، وأثناء فترة تدريب ليوناردو كان يمكن لفلورنسا أن تفاخر بـ ٥٤ ورشة أعمال الرخام، و ٤٠ ورشة أعمال الذهب، و ٨٤ ورشة للأعمال الخشبية، بالإضافة إلى ٨٣ ورشة للحرير و ٢٧٠ للصوف.[٩]

أصبحت فترة تدريب ليوناردو ممكنة نتيجة لاتصالات أبيه، وعندما جاء ليوناردو ليقيم مع سير بييرو جلب معه الرسومات التي أنجزها في فينشي، ويخبرنا فاساري أنه "في ذات يوم أخذ بييرو بعض رسومات ليوناردو ليعرضها على أندريا ديل فيروتشيو (الذي كان صديقا مقربا له) واستعطفه بإلحاح ليقول ما إذا كان مفيدا للولد أن يدرس فن الرسم.[١٠] اندهش أندريا برؤية البدايات الفائقة التي أنجزها ليوناردو وحث بييرو أن يجعله يدرس هذا الفن، وعليه رتب بييرو لليوناردو الالتحاق بورشة أندريا." لم يكن بييرو يبدي الكثير من الاهتمام بالتعليم المبكر لابنه، فإنه باختياره فيروتشيو قد أصلح من خطئه، كانت ورشة فيروتشيو هي الأكثر احتراما وذات الصلات الأفضل من بين كل ورش فلورنسا، وبالنسبة لليوناردو كانت المكان المناسب لتنمية مواهبه.

كان أندريا ديل فيروتشيو الذي كان تقريبا في نفس عمر عم ليوناردو فرانشيسكو- معلما عبقريا، وكان في الأصل مدربا ليكون صائغًا، وكان حرفيا ماهرًا، ورسامًا جيدًا، ونحاتًا متميزًا، وكان يمتلك كذلك مهارات هندسية لا بأس بها، وكانت له علاقات ممتازة مع عائلة ميديتشي، وسمعة راسخة، ولذلك كان يحصل على تيار ثابت من الأجور، وكان معروفا جيدًا في فلورنسا أن ورشته تستطيع القيام بعمل أي شيء يطلب منها.

كانت ورشة فيروتشيو مثل العديد من ورش الفنانين والحرفيين الأخرى في فلورنسا، تختلف تماما عن أستوديوهات الرسامين في القرون التالية، ويعطينا سرجي براملي وصفا حيا في سيرة ليوناردو التي كتبها.

> كان ذلك محلا، بوتيجا bottega – يشبه تماما محل صانع الأحذية أو الجزار أو الخياط – مجموعة من المداخل في الطابق الأرضي مفتوحة مباشرة على الشارع، وكانت هناك مظلة تسحب لأسفل وتعمل كباب أو شباك، وكانت أماكن المعيشة إما خلف المحل أو أعلاه، وكانت مواد الفنان معلقة على الجدران، بجوار الإسكتشات أو الخطط أو نماذج الأعمال التي تحت التنفيذ، بينما ينتشر حول الحجرة مجموعة من طاولات النحت المستديرة، وطاولات الأعمال، وحوامل اللوحات، وقد يوجد حجر الشحذ بجانب فرن الحرق، ويقوم العديد من الناس بمن فيهم الصبية المتدربين والمساعدين (الذين عادة يعيشون تحت نفس السقف مع السيد ويأكلون على مائدته)، بأعمالهم لإنجاز المهام المختلفة.[١١]

ولا تنتج البوتيجا لسيد مثل فيروتشيو الرسومات والتماثيل فقط بل تنتج كذلك تنوعات كثيرة من الأشياء – قطع من الدروع، وأجراس كنائس، وشمعدانات وصناديق خشبية مزخرفة وسترات الدروع ونماذج المشروعات المعمارية ولافتات المهرجانات وكذلك معدات ومشاهد العمليات المسرحية، ونادرًا ما كانت الأشغال تخرج من البوتيجا (حتى تلك ذات القيمة الأعلى) تحمل توقيعا، وكانت عادة تنتج بواسطة السيد مع فريق من المساعدين.

أمضى ليوناردو الاثنى عشر سنة التالية في هذه البيئة الخلاقة، التي تتبع فيها باجتهاد منهجا عنيفا للتدريب التقليدي.[١٢] وكان يرسم على الألواح وتآلف مع مواد الفنان، التي من الصعب شراؤها جاهزة، ولا بد من تحضيرها في الورشة، كان لا بد من طحن الصبغات أولا بأول وخلطها كل يوم، وتعلم كيف يصنع فرش الرسم، وإعداد الطلاء، وإضافة الذهب في الخلفيات، وأخيرا وبعد العديد من السنوات، تعلم الرسم، وبالإضافة لذلك لا بد أنه قد تشرب كما لا بأس به من

المعرفة التقنية بمراقبته لأستاذه أثناء عمله في المشاريع المختلفة، وبمرور السنوات شحذ ليوناردو من مهاراته بمحاكاة من هم أكبر سنا، وقد ساهم هو والمتدربون الآخرون بشكل متزايد في إنتاج البوتيجا إلى أن تم الاعتراف به أخيرا كحرفي معلم وتم قبوله في الجمعية المناسبة أو نقابة الحرفيين.

لم يتعرف ليوناردو في ورشة فيروتشيو على مدى واسع من المهارات الفنية والتقنية فقط، بل تعرف على العديد من الأفكار الجديدة والمثيرة، كانت البوتيجا مكانا تدور فيه المناقشات الحيوية حول آخر الأحداث، التي تجري كل يوم، وفي الأمسيات كانت تعزف الموسيقى، وكان يعرج على المحل أصدقاء الأستاذ والزملاء من الفنانين ليتبادلوا الخطط والإسكتشات والابتكارات التقنية، وكان يمر أيضًا الكتاب والفلاسفة المسافرون عند مرورهم بالمدينة، انجذب الكثير من الفنانين من رواد ذلك العصر إلى بوتيجا فيروتشيو، وقد قضى بوتيتشيللي وبيروجنيو وجيرلانديو وقتا هناك حتى بعد أن صاروا أسيادًا معترفًا بهم ليتعلموا أحدث التقنيات ومناقشة الأفكار الجديدة.

رعت بوتيجا الفلورنسية في القرن الخامس عشر تخليقا متفردا في الفن والتكنولوجيا والعلم؛ الأمر الذي وجد أقصى تعبير عنه في أعمال ليوناردو الناضجة، وكما يشير مؤرخ العلوم دومنيكو لورنسيا، دام هذا التخليق لمائة سنة فقط، فبحلول نهاية القرن السادس عشر اختفى.[١٣] وفيما يتعلق بالتطور الفني والفكري الخاص بليوناردو، كانت السنوات التي قضاها في ورشة فيروتشيو حاسمة، وقد تشكلت طريقته في العمل ومنهجه الكلي في الفن والعلم بشكل كبير بواسطة انغماسه الطويل في ثقافة تلك الورشة.

كان أحد أهم المؤثرات على عادات العمل المستقبلية عند ليوناردو هو استخدام libro di bottega (كتاب الأعمال)، الذي كان على كل المتدربين الاحتفاظ به.[١٤] وكان ذلك عبارة عن سجل يوميات يسجل فيه المتدربون التعليمات

التقنية أو خطوات العمل، أو الآراء الشخصية، وحلول المشاكل والرسومات وأشكال أفكارهم، ولأن تلك اليوميات كانت تجدد وتضاف لها الهوامش وتصحح باستمرار، فقد كانت تعتبر سجلاً يوميا للأنشطة في الورشة، تبدو الصفة التركيبية للمذكرات المتراكمة والرسومات، بدون أي ترتيب معين، موجودة وواضحة تماما في كثير من صفحات مذكرات ليوناردو.

وبعد أن بدأ ليوناردو تدريبه بفترة وجيزة، حصل فيروتشيو على أجر نظير أكبر مشروع وأروع تصميم هندسي حتى تلك اللحظة – إعداد كرة نحاسية مطلية بالذهب قطرها ٢,٥متر، أو حوالي ٧ أقدام، لكي توضع مع صليب فوق مشكاة رخامية لقبة برونيلليتشي، كان المعماري الشهير قد توفى قبل أن يستطيع تتويج قطعته الفنية، فإنه كان قد ترك الخطط التفصيلية للفانوس والكرة النحاسية التي تم تكليف فيروتشيو بتنفيذها، استغرق المشروع ثلاث سنوات واستطاع ليوناردو الشاب أن يراقب كل خطوة منه، كما كان على الأرجح قد ساهم أيضًا فيه.[١٥]

كان المشروع معقدا، ومتضمنا تأمين الفانوس حتى يتحمل الرياح القوية، وقد تم سبك الكرة النحاسية بدقة وقصها ولحامها بمقاطعها المتعددة، وأخيرا تم رفع الكرة الثقيلة والصليب أعلى الفانوس باستخدام آلة رفع خاصة صممها برونيلليتشي نفسه، كان اللحام وحده عملاً علميا وهندسيا فذا مهمًا؛ لأنه لم يكن هناك لهب لحام في القرن الخامس عشر، كان من الممكن إنجاز اللحامات الصغيرة بالطرق، لكن الكرة النحاسية كانت من الكبر لدرجة أن الوسيلة الوحيدة للحامها بشعلة ساخنة عند نقاط محددة بدقة هي استخدام مرايا مقعرة "لتحرق" اللحام (التقنية التي كانت معروفة منذ العصور العتيقة)، تطلبت صناعة مثل هذه المرايا المقعرة معرفة جيدة بالبصريات الهندسية وأجهزة طحن دقيقة جدًا، ويفسر ذلك دراسات ليوناردو المتكررة لهندسة

"مرايا النار" كما أطلق هو عليها في رسوماته المبكرة.[١٦] وقد أدت به الأخيرة إلى صياغة نظريات متقدمة في البصريات والمنظور.

وأخيرا اكتمل المشروع سنة ١٤٧١، وقد سجل المؤرخون المعاصرون في ذلك الوقت أنه في ٢٧ مايو من تلك السنة، اجتمع جمهور كبير أمام الدومو ليراقبوا رفع الكرة العظيمة المطلية بالذهب، والناعمة واللامعة تماما، إلى أعلى الفانوس الرخامي، بعد جلبة الأبواق حيث جرى تأمين وجودها على العارضة بمصاحبة نغمات تي ديوم.(*) كان مشهدا رائعًا لن ينساه ليوناردو أبدا، وبعد خمس وأربعين سنة، وعندما تخطى الستين من عمره، وكان يعمل في تصميم مرآة كبيرة في شكل قطع مكافئ، كتب في مذكراته مذكرا نفسه، "تذكر كيف لحمنا أجزاء الكرة معًا في كاتدرائية سانتا ماريا ديل فيوري"[١٧].

(*) te Duem باللاتينية تعني أنت الرب الذي نصلي من أجله. (المترجم والمراجع)



شكل ٣-٢ أندريا فيروتشيو وليوناردو دافينشي، تعميد المسيح، حوالي ١٤٧٦. صالة عرض أوفيزي، فلورنسا.

وقرب نهاية فترة تدريب ليوناردو كان فيروتشيو يعمل على لوحة تعميد المسيح (شكل٣-٢)، وحيث إن الشاب قد أظهر أنه واعد، فإن الأستاذ قد دعاه ليرسم أجزاء من الخلفية وأحد الملكين، وقد أظهرت هذه الأجزاء من الرسم، كأول تسجيل لليوناردو كرسام، بالفعل أسلوبه المتميز، ونرى في الخلفية تلالا رومانسية عريضة، ومنحدرات صخرية، ونرى ماء ينساب من بركة على بعد ويقطع الطريق حتى مقدمة الصورة؛ حيث يكون تموجات تتذبذب حول قدمي المسيح، والفحص الدقيق لهذا السريان للماء في اللوحة الأصلية الموجودة الآن في صالة عرض أوفيزي، تكشف عن عدد من مساقط المياه الرقيقة واضطراب من النوع الذي فتن به ليوناردو طوال حياته.

وبنفس الروعة تقف أصالة ملاك ليوناردو، كانت رقة وجمال هذا الملاك متفوقة بشكل كبير جدا على نظيرتها التي رسمها فيروتشيو، والتي لم يستطع الأستاذ أن يلاحظها. ويسجل فاساري: "هذا هو السبب، الذي جعل أندريا لا يقرب الألوان مرة أخرى، وقد شعر بخزي؛ لأن ولدا قد أدرك استخدام الألوان أفضل منه"، وبالفعل، ومنذ ذلك الوقت ركز فيروتشيو على النحت، وترك تنفيذ رسم اللوحات إلى كبار مساعديه.[١٨]

الأستاذ الشاب رسام ومبتكر

تم الاعتراف بليوناردو كأستاذ في الرسم وهو في العشرين من عمره، وفي ١٤٧٢ سمح له بالانضمام إلى نقابة الرسامين المعروفة باسم كمبانيا دي سان لوكا، ومن الغريب أن هذه الجماعة كانت ضمن نقابة الأطباء والصيادلة، التي تأسست في مستشفى سانتا ماريا نوفا، وبالنسبة لليوناردو كان ذلك هو بداية ارتباط طويل المدى بالمستشفيات، وعلى مدى سنوات طويلة استخدم النقابة كبنك لمدخراته، وقد كانت سانتا ماريا نوفا هي المكان الذي وجد فيه فرصته الأولى لإجراء العمليات التشريحية.

كان ليوناردو الشاب بالفعل على دراية بتشريح العضلات، حيث كانت ورشة فيروتشيو قريبة من بوتيجا الإخوة بولايولو، والتي كان المعروف أن لوحاتهم تتميز بالإظهار الواضح للأجسام العضلية. وقد استقوا معرفتهم بالعضلات من التشريح المتكرر، ومن المرجح أن ليوناردو قد شاهد ذلك عن قرب أثناء فترة تدريبه. وبعد بضع سنين استخدم معرفته القوية للجهاز العضلي للرقبة والكتف ليعطي شكل جسم الناسك سانت جيروم تعبيرات قوية من الألم والأسى.

وبعد قبوله في نقابة الرسامين، ظل ليوناردو في ورشة فيروتشيو لمدة خمس سنوات أخرى، لكنه كان يشغل الآن وظيفة مشارك للأستاذ بدلاً من مساعد. لم يكن ذلك أمرا غير عادي؛ فعدد المقاولات الكبيرة التي كان يتحصل عليها فيروتشيو شجعت من يتدربون عنده أن يواصلوا عملهم معه بعد أن أصبحوا مؤهلين كفنانين.

وربما كان هناك سبب جيد آخر لبقاء ليوناردو. ففي أثناء فترة تدريبه، أصبح على دراية بتنويعات واسعة المدى من الابتكارات الميكانيكية والبصرية، وأصبح الآن يجري المزيد من التجارب ليحسن من الآلات الموجودة وكذلك ابتكار الجديد منها. وفي البوتيجا كان يجد لذهنه الفضولي والخلاق تحديات لا نهاية لها طالما ظلت المقاولات الجديدة تتوالى. كما كان تحت أمره كل الأجهزة والمعدات والمواد الخام لتجاربه الميكانيكية والبصرية. وعندما استقر على مهنته المزدوجة كرسام ومبتكر، استمرت بوتيجا فيروتشيو البيئة المثالية لأعماله.

وبالإضافة إلى تصميمه للمرايا المقعرة، تضمنت ابتكارات ليوناردو البصرية المبكرة وسائل جديدة للتحكم في الضوء، كانت على الأغلب مرتبطة بالأعمال المسرحية. وقد كتب عن كيفية "صنع ضوء قوي، وذلك بجوار اسكتش لضوء يمر خلال عدسة مقعرة، وفي مكان آخر يرسم مصباحا يبعث ضوء جميلاً وعظيمًا" (شمعة في صندوق مزود بعدسة).[١٩] وفي إحدى صفحات

Codex Atlanticus[*] من ذلك العصر يوجد رسم اسكتش لآلة "توليد صوت عظيم"؛ وعلى صفحة أخرى رسومات لفوانيس مختلفة، وفي إحداها مكتوب "ضع فوق النجوم" – ومن الواضح أنها كلها كان مقصودا بها التجهيزات المسرحية.[٢٠]

ومن الاختراعات الأخرى التي ابتدعها في ذلك الوقت كانت النار والهواء الساخن.[٢١] وبالإضافة إلى السيخ الذي ينظم نفسه والذي ورد ذكره من قبل، ابتكر ليوناردو طريقة لصنع فراغ لرفع الماء بواسطة إشعال نار في دلو مغلق، مبني على ملاحظته أن النيران المشتعلة تستهلك الهواء، وفي هذه السنوات المبكرة، طور ليوناردو كذلك النسخ الأولى من أجهزة الغطس، وقد صمم أثناء زيارته لفينشي مكبسا للزيتون أكثر كفاءة من المكابس المستخدمة في ذلك الوقت، وبينما كان منشغلا في هذه المشروعات المتعددة للمبتكرات والتصميم والهندسة، كان ليوناردو يرسم أيضًا لوحة Annunciation، ولوحة السيدتين، وبورتريه جينفرا دي بينشي.

وفي ١٤٧٧ ترك ليوناردو ورشة فيروتشيو ليصبح فنانًا مستقلا، فإنه فيما يبدو لم يكرس كل نشاطه لهذا العمل، وبعد أشهر قليلة، وربما من خلال نفوذ أبيه تحصل على مقاولة محترمة لصنع تحفة ثمينة لكنيسة سان برناردو في بلازو فنيتشو.[٢٢] حصل على مقدم كبير فإنه لم يسلم قط اللوحة المنتهية، وتقريبا في ذلك الوقت، كتب ليوناردو في مذكراته، "لقد بدأت اثنتين من العذراء ماري "دون أن يعطي أي تفاصيل بعد ذلك".[٢٣]

وفي الواقع، ليس معروفا سوى القليل عن أنشطة ليوناردو في الفترة من ١٤٧٧ إلى ١٤٨١، ويفترض بعض المؤرخين أنه بعد السنوات العديدة من النظام الصارم في بوتيجا، فإن ليوناردو – الشاب الرياضي المندفع في الخامسة والعشرين من عمره – دخل ببساطة إلى حياة البذخ للشباب الفلورنسي الثري، وقد

(*) ١٢ مجلدًا من الكتابات والرسومات تركها ليوناردو دافينشي، ويدل اسمها على أنها تشبه الأطلس وتضم ١١١٩ صفحة، وقد أنجزت بين ١٤٧٨ – ١٥١٩. (المترجم والمراجع)

كتب مؤرخ الفنون والناقد كينيث كلارك "من الأرجح أن ليوناردو، مثله مثل الشباب الآخر، الموهوبين، يقضون جانبا كبيرا من شبابهم... ينتقون لباسهم، ويروضون الخيول، ويتعلمون العزف ويستمتعون بمتع الحياة".(٢٤)

إذا كان ذلك صحيحا، فلم يكن الوقت بدون إحباط مع ذلك، ولسبب غير معروف، لم تمد أسرة ميديتشي رعايتها الواسعة للفنون قط على ليوناردو، وعلى الرغم من أن فيروتشيو كان على علاقة ممتازة بالعائلة، ومتمتعا بدعمهم، ولم يكن من الصعب عليه أن يوصي بليوناردو أمام لورنزو دي ميتشي؛ فإن لورنزو لم يقدم مقاولة واحدة كاملة لليوناردو.(٢٥)

كانت أسرة ميديتشي من رجال البنوك والتجار، وقد حكموا فلورنسا دون منازع على مدى قرنين، فإنه لم يتول أحد منهم أي منصب حكومي، وبثرائهم الهائل وعشقهم لرعاية الفنون والأدب والتعليم، أصبح لهم تأثير كبير في جميع نواحي الحياة العامة والثقافة في توسكانيا، وكان ضمن أعضاء هذه الأسرة العديد من الكرادلة وثلاثة من البابوات وملكتان من ملكات فرنسا، وبكلمات سيرجي براملي، "كان سلوك أسرة ميديتشي أبعد ما يكون عن رجال الأعمال وأقرب ما يكون من الأمراء، وقد أصبحوا الأسياد المعترف بهم لمدينة ظلت جمهورية بالاسم فقط".(٢٦)

تبع لورنسو ميديتشي المعروف بالعظيم (il Magnifico) خطوات والده وهو في سن العشرين كحاكم لفلورنسا، وكان لورنسو أكبر من ليوناردو بثلاث سنوات فقط، وكانا يشتركان في أمور كثيرة، بما في ذلك حب الخيل والموسيقى والتعلم، ومع ذلك كان هناك الكثير من الصفات والأذواق التي كانت تبعدهما عن بعضهما.(٢٧) لم يكن لورنسو رجلاً أنيقا، وكان يتعمد البساطة في الملبس، وعلى الجانب الآخر كان ليوناردو جميلا بشكل صارخ ومتألق في إيماءاته وسلوكه، تلقى لورنسو تعليما كلاسيكيا، وكان يتمتع بحب أصيل للتعلم الرسمي، وقد أحاط نفسه بالكتاب، وكان ليوناردو على النقيض، معلما لنفسه بنفسه، لم يعرف اللاتينية ولا اليونانية، وكان يمقت ما كان يتصوره من ادعاء للمظهر الأدبي في بلاط ميديتشي.

ويبدو أن هذه التناقضات كانت من القوة بحيث وقفت حائلاً في طريق أي استلطاف متبادل بينهما، ورغم ذلك، فإن قلة احترام ليوناردو من قبل لورنسو كفنان يبدو أمرًا يثير الدهشة.

كان لورنسو حذرًا وماكرًا ويمكن أن يكون قاسيا وفي نفس الوقت شهما رحب الصدر، وعندما تولى السلطة قوّى من قبضته على الحكومة، وأعاد بناء بنوك الأسرة والغرف التجارية، وكون تحالفات جديدة، وألغى القديمة منها، وقد أقام استعراضات وحفلات باذخة للمدينة للتأكيد على شعبيته.

ومع ذلك، وبلا جدال أثارت مناورات لورنسو السياسية معارضة.[٢٨] وقد تحالف مع الدولة المدينة فينسيا ضد روما ونابلي، ومن ثم حول البابا سيكستاس الرابع إدارة الفاتيكان المالية من أسرة ميديتشي إلى الأسرة المنافسة باتسي، وسرعان ما انتقم لورنسو باتهام أحد أفراد عائلة باتسي بالخيانة والقبض عليه، وفي المقابل خططت أسرة باتسي للانتقام بدعم من البابا، وفي أبريل ١٤٧٨، تمت مهاجمة لورنسو وأخيه جيوليانو أثناء صلاتهم في الكاتدرائية، قتل جيوليانو، وجرح لورنسو جراحًا خطيرة لكنه تمكن من الهروب، فإن مؤامرة أسرة باتسي لم تنجح في إشعال ثورة ضد عائلة ميديتشي، كما كان يقصد البابا، ونظرا لشعبية أسرة ميديتشي، سرعان ما تعقب مواطنو فلورنسا المجرمين وقبضوا عليهم بمن فيهم أحد أفراد عائلة باتسي وأسقف والعديد من القساوسة، وتم إعدامهم جميعا خلال ساعات من محاولة إثارة الاضطرابات.

جلبت فترة الاضطرابات الناشئة عن مؤامرة أسرة باتسي- نهاية مفاجئة للاحتفالات الباذخة في المدينة، وربما ساعدت ليوناردو على التركيز مرة ثانية في أعماله، كان عام ١٤٧٨ هو تاريخ رسومه المبكرة للآلات في كودكس أتلانتيكاس، التي استخلص معظمها من التصميمات التي ابتكرها برونيلليتشي لتشييد قبة سانتا ماريا ويل فيوري.[٢٩] وربما أدت مؤامرة أسرة باتسى إلى تحول ذهن ليوناردو

تجاه علوم وهندسة الحرب. وفي السنوات التالية سجل العديد من الابتكارات الحربية، بما في ذلك بنادق متعددة الماسورة، وجسور الهجوم لمهاجمة الاستحكامات، وآليات لرد السلالم المستخدمة لتسلق جدران الحصون، وكان كثير من هذه الابتكارات مستنبطة من أعمال مبتكرين سابقين، على الرغم من أنها بلا شك قد تم تحويرها وتطويرها بشكل كبير.[٣٠]

وعندما أصبح دعم الفاتيكان لمؤامرة عائلة باتسي واضحا، أعلنت فلورنسا الحرب على البابا، لكن لورنسو قام بحل الأزمة بحركة جريئة، فسافر إلى نابلي وتفاوض على اتفاقية سلام مع الملك فيرانتي، وبذلك حرم البابا من أقوى حلفائه، وبعد ذلك بوقت قصير تم التصالح بين فلورنسا وروما مرة أخرى، وفي ١٤٨١ – أي بعد ثلاث سنوات من التآمر على قتله – طلب البابا سيكستاس الرابع من لورنسو أن يعيره أفضل رساميه ليزينوا كنيسة سيستين، التي كان قد انتهى من بنائها في التو، والتي سميت على اسمه، كانت تلك فرصة هائلة لرسامي فلورنسا، وكان لا بد لليوناردو أن يكون حريصا على المساهمة، ومرة أخرى مع ذلك، تم إهماله بشكل مريب من جانب لورنسو ، الذي أرسل العديد من رفاق ليوناردو السابقين إلى روما بمن فيهم بوتيتشيللي، وجيرلاندايو وبيروجينو.

وقد يكون الإذلال هو أصعب ما مر به ليوناردو في تاريخه، وعلى مدى سنوات، تعرض ليوناردو للصد مرات متكررة من جانب أسرة ميديتشي، وفضلوا عليه آخرين أقل منه، والآن تم حرمانه من فرصة تحقيق المجد في روما والذي كان يستحقه بكل تأكيد، لكن ليوناردو نحى جانبا شعوره بالإحباط وخيبة الأمل واندفع بكل قوته للتركيز على رسم أول روائعه.

وفي مارس ١٤٨١، كلف رهبان الدير الأغسطى في سان دوناتو (الذي كان يدير علاقاتها القانونية سير بييرو) كلف ليوناردو بإنجاز لوحة كبيرة للمذبح تمثل توقير الماجوس(*)، قام الفنان بإعداد العديد من الرسومات وعمل في

(*) Magi، أحد ثلاثة حكماء أحضروا هدايا للمسيح عند ولادته. (المترجم والمراجع)

المشروع بشدة لمدة عام.[٣١] كان مسلكه الأول تدريبًا فنيا رفيعًا في المنظور الخطي، بين ساحة بها طابقان من الدرج وأروقة جميلة، ويكتب كينيث كلارك قائلا: "هذه الساحة ذات المقاييس الدقيقة قد تم غزوها بواسطة بطانة من الأشباح غير العادية، وخيول برية تتراجع للخلف رافعة رأسها، وأشكال مضطربة تتدفع على الدرج وتدخل وتخرج من الأروقة، وجمل ظهر لأول وآخر مرة في أعمال ليوناردو؛ مما أضاف حجمه الغريب إلى اضطراب الأشكال الذي بدا كالحلم".[٣٢]

وفي الرسم النهائي، استبعد ليوناردو استخدام المنظور لصالح التركيب الديناميكي الذي أبدعه بواسطة الإيماءات شديدة العاطفية لحشد مهتز من الأشخاص تحيط بالعذراء والطفل، وفي خلفية اللوحة مجموعة متصادمة من الفرسان تمثل العمى الأخلاقي للعنف، في مقابل رسالة مجد عيد الغطاس بالسلام على الأرض، مبشرة بشجب ليوناردو القوي للحرب في لوحة معركة أنجياري التي جاءت بعد عقدين.[٣٣] ومن المؤكد أن اللوحة كلها مليئة بالأفكار البصرية التي سيعود إليها في أعماله الفنية فيما بعد.[٣٤] وتصف مؤرخة الفنون جين روبرتس لوحة ليوناردو "التوقير" أنها أول عمل ناضج ومقولة مستقلة لعبقريته".[٣٥] وفي الوقت نفسه هي ابتعاد راديكالي عن التمثيلات التقليدية للموضوع كتجمع طقوس هادئ، وكما يفسر دانيال أراس، "لرسم لحظة الاعتراف الشعبي بوجود ابن الرب على هذا الشكل، صور ليوناردو جلبة الانبهار العالمي – عاكسا بذلك المعنى الذي أعطاه القديس سانت أوجستين ورهبان ديره الذين كلفوه بالرسم لعيد الغطاس".[٣٦]

وفي بداية العام التالي وبينما كان ليوناردو ما زال يعمل في لوحة "توقير الماجوس" قرر لورنسو ميديتشي أن يقوم بملحمة دبلوماسية تجاه لودوفيكو سفورزا، أقوى حلفائه في شكل هدية، وكما يسجل أنونيمو جاديانو، "يقال: إنه عندما كان ليوناردو في الثلاثين من عمره، أرسله العظيم (يقصد لورنسو) ليقدم قيثارة لدوق ميلانو ومعه أنالانتي ميجليوروني الذي كان يعزف بطريقة رائعة على تلك الآلة".[٣٧] فإرسال ليوناردو إلى بلاط سفورزا في ميلانو كموسيقي بدلا من

إرساله كرسام قد يبدو أنه إهدار آخر للكرامة، ومع ذلك لم يتردد ليوناردو، وربما شعر بأن الوقت قد حان لبداية صحيحة، فبدون دعم لورنسو، تكون كل السبل لأعمال أخرى بفلورنسا محدودة، وعليه ترك فرشه وحزم أمتعته ورائعته التي لم تكتمل، وترك المدينة التي رعت فنه.

ميلانو

كانت ميلانو في ثمانينيات القرن الخامس عشر مركزا تجاريا نابضا بالحياة، حافلا بثراء هائل وتصدر معدات الحرب والصوف والحرير، وكانت تقارب فلورنسا في الحجم، لكنها كانت تختلف كثيرا في معمارها وثقافتها، وربما جاء اسمها اللاتيني من Mediolanum، من موقعها في وسط سهل لومباردي (in medioplano)، كانت بكل تأكيد مدينة شمالية، وقد بنيت معظم قصورها وكنائسها بالطابع الرومانسك أو القوطي، وعلى عكس فلورنسا لم يكن لميلانو خطة أنيقة للمدينة، وكانت مساكن المدينة من العصور الوسطى متراكمة بعضها على بعض في متاهات ضيقة وشوارع صاخبة.

كانت أسرة سفورزا تحكم دوقية ميلانو من ١٤٥٠، وكانت أسرة سفورزا مثلها مثل عائلة ميديتشي دهاة قساة القلب، فإن أسرتهم يكثر بها المحاربون بدلا من رجال البنوك، كان لودوفيكو سفورزا أكبر سنا من ليوناردو ببضعة أشهر، وكان واحدا من أغنى أمراء عصر النهضة وأكثرهم نفوذا.[٣٨] وكانت كنيته il Moro (المغربي) لشعره وبشرته الداكنتين، وكان دبلوميسيا بارعا، الذي كان تحالفه مع ملك فرنسا تكوينا فعالا في محيط السياسات الإيطالية غير المستقرة، وكان لودوفيكو وزوجته بياتريسي ديست يعقدان بلاطا أنيقا وينفقان مبالغ هائلة من المال لتشجيع الفنون والعلوم.

وعندما وصل ليوناردو إلى ميلانو لم يكن بالمدينة أي رسام أو نحات شهير، على الرغم من احتشاد الأطباء وعلماء الرياضة والمهندسين في بلاط سفورزا، وكانت ثقافة المدينة ترتبط بالجامعات الكبرى في شمال إيطاليا، التي كان اهتمامها مركزا على دراسة العالم الحسي بدلاً من الفلسفة الأخلاقية كما كان الحال بفلورنسا.[٣٩] وبينما كانت عائلة ميديتيشي منهمكة في تدبيج المقاطع الأدبية بالتوسكانية واللاتينية[٤٠]، كان لودوفيكو ينظم المناظرات العلمية بين الأساتذة الحاذقين، وفي هذه البيئة الفكرية المحفزة، سرعان ما تجاوز ليوناردو ثقافة الورشة الفلورنسية وتحول نحو نهج تحليلي ونظري بصورة أكبر بالنسبة لفهم الطبيعة.

ولأن ليوناردو قد وصل إلى بلاط سفورزا بوصفه موسيقيًّا هو وأتالانت (الذي كان تلميذه على آلة القيثارة، وفقا لأنونيمو جاديانو) فمن المحتمل أنهما قاما بالعزف مرارا للترفيه عن البلاط، لكن لم يكن لدى ليوناردو أي نية أن يتخذ الموسيقى طريقًا في الحياة، وقد كتب ليوناردو خطابا بعناية إلى "المغربي"؛ حيث اقترح تقديم خدماته كمهندس حربي ومدني، وكذلك أشار فيه إلى مهاراته كمعماري ونحات ورسام، وذلك بعد تيقنه أن قوة سفورزا تأتي من قوتهم العسكرية، وأن مركز ميلانو المتسيد تجاريا يتطلب بنية تحتية تعمل بكفاءة للمدينة، بدأ ليوناردو خطابا موحيا بشيء من "أسراره"، مبينا ميله إلى السرية التي صارت سمة مميزة لشخصيته مع تقدمه في السن.[٤١] كتب يقول: "السيد الأشهر؛ حيث إنني قد شاهدت وفحصت ما يكفي من أعمال هؤلاء الذين يزعمون أنهم أساتذة ومخترعون لأدوات الحرب... فإنني سأسعى دون المساس بأي شخص آخر، للكشف عن أسراري لسعادتكم، ثم أبدأ بعد ذلك في إنجاز كل الأمور التي ألخصها فيما يلي، عندما تسمح أوقات سعادتكم.

بدأ ليوناردو بعد ذلك في سرد قائمة من تسعة عناوين لآلات حربية مختلفة كان قد صممها وعلى استعداد لتنفيذها: "لدي نماذج لجسور خفيفة جدا لكنها قوية، يسهل حملها... وعدد لانهائي من الكبش القاذفة المتنوعة وسلالم للتسلق ...

وطرق لتدمير أي قلعة أو حصن غير مبني من الصخور ... ومدافع عملية جدا ويسهل نقلها، يمكنني بواسطتها أن أطلق كميات كبيرة من الحصى الصغير، ويسبب دخانها فزعا كبيرا للعدو... وممرات سرية تحت الأرض ملتوية يتم حفرها بدون ضجيج ... عربات مغطاة آمنة غير قابلة لمهاجمتها تستطيع النفاذ خلال صفوف الأعداء بمدفعيتهم ... وقاذفات قنابل ومدافع هاون والمدفعية الخفيفة بأشكال جميلة وعملية... وآلات ترشق الصخور الكبيرة، مجانيق قاذفة لهب، وأجهزة أخرى غير عادية ذات كفاءة عالية".

واختتم قائمته قائلاً: "وخلاصة الأمر أنه مهما كانت الظروف، فإنني أستطيع أن أبتكر تنويعات لانهائية من آلات الدفاع والهجوم"، ثم أضاف، وكأنها فكرة جاءت متأخرة، "في زمن السلم، أعتقد أنني أستطيع أن أنال الرضا التام وأن أتساوى مع أي رجل في العمارة، في تصميم المباني العامة والخاصة، وفي نقل الماء من مكان لآخر، وفضلا عن ذلك، فإنني أستطيع النحت في الرخام والبرونز أو الصلصال، وبالمثل أستطيع رسم اللوحات، وأستطيع القيام بأي نوع من الأعمال بنفس جودة أي إنسان آخر.... " وفي الختام، أنهى خطابه بأمل جذاب: "وفضلاً عن ذلك، فإن الحصان البرونزي يمكن عمله ليخلد المجد والشرف الأبدي للأمير والدكم في ذكراه المباركة، والبيت الشهير لأسرة سفورزا".[٤٢]

وفي ذلك الخطاب المدهش، الذي أشار فيه ليوناردو لنفسه كفنان في ستة أسطر فقط من أربعة وثلاثين سطرا، يبين كيف كان قادرا بسرعة على تشرب روح هذه المدينة الشمالية، مقدما مواهبه المتعددة بالترتيب الذي اعتقد أنها ستكون موضع تقدير عال من لودوفيكو، قد يبدو الخطاب وكأنه مليئ بالتفاخر، لكن كان كل ما قدم ليوناردو جادا تم التفكير فيه بعناية، وبلا شك كان ليوناردو قد درس أعمال المهندسين العسكريين الرواد في عصره، كما قال في الخطاب، وهناك حوالي خمس وعشرين صفحة لرسومات الآلات الحربية، يرجع تاريخها إلى أيامه في فلورنسا في كوديكس أتلانتيكوس، وهناك أكثر من أربعين أخرى بأسلوب متأخر قليلا.[٤٣] وقد

استعرض المفكر المتخصص في أعمال ليوناردو، كينيث كيل، صحة كل المزاعم التي جاء بها ليوناردو في خطابه، وذلك بدراسة هذا الخطاب وفحص كل بند جاء فيه مقارنة بالرسومات الموجودة.[٤٤] وبالفعل في حياة ليوناردو المتأخرة تم توظيفه في كل المجالات التي أوردها في خطابه إلى "المغربي".

لم يتلق ليوناردو ردا في الحال على خطابه من البلاط، دعك من توظيفه، وهكذا عاد ليوناردو مرة ثانية للرسم – الحرفة التي كان أستاذا مكتملا ومعترفا به فيها، بدأ يتعاون مع الإخوة أمبروجيو وإيفانجليستا بريدس؛ حيث كان الأول رسام بورتريهات ناجحا، والأخير حفارا على الخشب.[٤٥] كان الإخوة بريدس الأقل فنا بشكل واضح، لكن كان لهما علاقات جيدة في ميلانو، ولذا رحبوا بسرور بليوناردو لينضم إلى بوتيجاهما، وبالفعل سرعان ما تمكن أمبروجيو من التفاوض على اتفاق مربح لثلاثتهم.

في أبريل ١٤٨٣ تقاول الاتحاد المهني للمفهوم النقي ليوناردو والإخوة بريدس لرسم وتزيين لوحة مذبح كبيرة في كنيسة فرانشيسكو جراند مع اللوحة المركزية "على أن ترسم بالزيت بواسطة السيد ليوناردو الفلورنسي" لم يحدد العقد حجم اللوحة فقط ومفرداتها (العذراء ماري وعلى جانبيها اثنان من الرسل، والرب الأب يظهر فوق الرأس، وتحيط بهم الملائكة) بل حدد كذلك الألوان التقليدية من الذهبي والأزرق والأخضر، وهالات تقديس الملائكة الذهبية وغيرها.

عمل ليوناردو على اللوحة لحوالي ثلاث سنوات، وكانت النتيجة تحفته الرائعة الثانية، عذراء الصخور، وهي الآن في متحف اللوفر (انظر شكل ٢-٤ صفحة٧١)، ولم يحمل العمل النهائي سوى القليل مما طلبه الاتحاد المهني.[٤٦] وفي الواقع، كان هؤلاء مصدومين لدرجة أنهم رفعوا قضية ضد ليوناردو أمام الدوق، التي استمرت لما يزيد عن عشرين سنة.[٤٧] وفي نهاية المطاف رسم ليوناردو لوحة ثانية، وهي المعلقة الآن بالصالة القومية بلندن، لم يكن ذلك ليسعد الاتحاد المهني أكثر من ذلك، فإنه لم يقم إلا بالتغيرات الطفيفة في مكونات اللوحة.

ويعتقد مؤرخو الفنون أن ليوناردو قد سمح لأمبروجيو بريـــدس أن يرســم بعض أجزاء كبيرة من نسخة لندن، ويبدو ذلك مؤكـــدا مـــن التحلـــيلات الحديثـــة للصخور والنباتات في خلفية اللوحة، وقد لاحظ العلماء أن كـــلا مـــن التفاصـــيل الجيولوجية والنباتية في النسخة اللندنية أدنى كثيرا مقارنة بتلك الموجودة في لوحة اللوفر، ومن المحتمل جدا أن ليوناردو قد قام برسمهم.(٤٨)

قد يكون للاتحاد المهني سببه المعقول في اســتيائه مـــن لوحـــة عـــذراء الصخور، لكن لوحة ليوناردو الرائعة قد لاقت استحسانا فـــي البوتيجـــا والـــدوائر الفكرية في ميلانو، كانت ألوان الفنان الخافتة من الأخضر الزيتوني والرمادي فـــي تناقض حاد مع الألوان الزاهية لفترة كواتروسنتو(*) (quattqcento)، ومـــا كـــان لأهل ميلانو ألا يلاحظوا التدرج الرقيق للضوء والظل، ولا التأثير القوي للكهـــف المحيط، وكما يصفها كينيث كلارك "مثل الملاحظات العميقة المصاحبة لموضـــوع جاد، تحافظ الصخور في الخلفية على التركيب وتعطيها رنين كاتدرائية".(٤٩)

الدراسات المنهجية

في ١٤٨٤ وبينما كان ليوناردو يعمل على لوحة عذراء الصخور ضـــرب الطاعون مدينة ميلانو، انتشر الوباء على مدى سنتين كاملتين وربما يكون قد قتـــل ما يقرب من ثلث السكان، واعترافا من ليوناردو بالدور المحوري لتـــدني الحالـــة الصحية في انتشار الوباء، جاء رد فعله على شكل اقتراح تصميم مدينـــة جديـــدة متقدمة جدا عن عصره، كما ناقشت ذلك من قبل.(٥٠) لكن ذلك قد قوبل بالإهمـــال من عائلة سفورزا، وهذا الفشل من جديد للحصول على اهتمام الـــبلاط بأفكـــاره، وضع ليوناردو وجها لوجه مع العجز الهائل في نشأته: عدم حصوله على التعلـــيم الرسمي، كان يحاول أن يكون مقبولا كمفكر في ثقافة كانت علـــى صـــلة وثيقـــة بالجامعات الرائدة، ثقافة تسيطر عليها الكلمة المكتوبة التي كانـــت تـــستخدم فيهـــا

(*) فترة القرن الخامس عشر من الفن والأدب الإيطالي.

اللاتينية بشكل يكاد يكون حصريا.، وكون ليوناردو "رجلا غير متعلم" لم يكن يجهل اللاتينية فقط، بل حتى في لغته الأصلية التوسكانية لم يكن لديه المفردات التجريدية الضرورية للصياغات الدقيقة والأنيقة لنظرياته.

جابه ليوناردو تلك المشكلة التي بدت وكأنها لا يمكن تذليلها بطريقته المنهجية المدعمة واللاتوافقية، ويكتب مؤرخ العلوم دومنيكو لورنسا، "في منتصف الثلاثينيات من عمره وبدون أي معرفة باللغة اللاتينية، قرر ليوناردو اللجوء إلى مشروع مكثف وملح بشكل ما لتعليم نفسه بنفسه، وكرس السنوات ما بين ١٤٨٣ و ١٤٨٩ في معظمها لهذه المحاولة العنيدة للتحرر الثقافي".(٥١)

بدأ ليوناردو برنامجا مكثفا من التعليم الذاتي في محاولة منهجية ليزيد من مفرداته اللغوية، كان ذلك هو الوقت الذي بدأت فيه اللغة الإيطالية كلغة أدبية، في البزوغ من التوسكانية الفلورنسية، وكان كل من دانتي وبترارك وباكاتشيو يكتبون جميعهم باللغة التوسكانية، لكن لم تكن تهجئة الكلمات التي وثقت بعد، ولم تكن القواعد أو القواميس قد نشر منها شيء، كانت اللغة العامية الجديدة تحل محل اللاتينية كلغة مكتوبة، وخاصة في الكتابات عن الفن والتكنولوجيا، وفي العملية التي أثريت باحتواء هائل للكلمات اللاتينية، كان ليوناردو على دراية بتجميع هذه الكلمات اللاتينية vocaboli latini (الكلمات الإيطالية الجديدة المشتقة من اللاتينية)، وقد قام بتدوينها بهمة في مذكراته.(٥٢) وفي المخطوط المبكر كوديكس تريفولسيانس (Codex Trivulzianus) كانت المذكرات تمتلئ صفحة بعد صفحة بقوائم من مثل هذه الكلمات، وفي الحقيقة كان ليوناردو يشير إلى هذه المذكرات بأنها "كتابي للكلمات".(٥٣)

وعندما تحول ليوناردو إلى الكلمات المكتوبة بدأ كذلك في بناء مكتبة شخصية، قرأ ليوناردو وهو في فلورنسا بعض الأدب والشعر، لكنه لم يدرس نصوصا علمية وقد اكتسب تعليما أوليا علميا بواسطة دراسة رسومات المعماريين والمهندسين وبالمناقشات مع الخبراء المتنوعين في البوتيجا.(٥٤) وعندما ترك

فلورنسا، وضع قائمة بالأشياء التي رغب في اصطحابها معه إلى ميلانو.[٥٥] ولم تضم هذه القائمة كتابًا واحدًا.

وبعد بضعة أشهر من وصوله إلى ميلانو، احتوت قائمة ليوناردو على خمسة كتب، وبحلول ١٤٩٠ أضاف ٣٥ عنوانا جديدًا، ومنذ ذلك الوقت ازداد عدد الكتب لتصل إلى ذروتها ١١٦ في سنة ١٥٠٥، وبالإضافة إلى المجلدات التي كان يملكها، كان يستعير الكتب بانتظام حتى إن مكتبته الشخصية كانت تتضمن حوالي ٢٠٠ كتاب، وهي مكتبة ذات شأن لمفكر في عصر النهضة.[٥٦]

كانت موضوعات تلك الكتب متشعبة.[٥٧] كان أكثر من نصفها يتناول موضوعات علمية وفلسفية، كانت تتضمن كتبا عن الرياضيات والفلك والتشريح والطب والتاريخ الطبيعي والجغرافيا والجيولوجيا، كما تضمنت كذلك العمارة والعلوم العسكرية، وكان هناك ٣٠ أو ٤٠ كتابا أدبيا، وكانت هناك عشرة كتب أو نحو ذلك من كتب القصص الدينية، وكان يرجع إليها ليوناردو عند رسمه للموضوعات الدينية.

تقدم هذه الكتب دليلا وافرا على أن ليوناردو، خلال العقدين الأخيرين من القرن الخامس عشر، لم يشحذ فقط من مهارته اللغوية بل أصبح متمكنًا جدا في مجالات المعرفة الرئيسية في عصره، وكعادته عندما كان يتعامل مع أي شيء، كان يفحص مجالات عديدة في نفس الوقت، بينما كان منغمسا في مشاريع فنية متنوعة، كان دائم البحث عن الأنساق التي قد تربط الملاحظات من أنظمة مختلفة، ويبدو أن ذهنه كان يعمل في أفضل حالاته عندما يكون مشغولا بمشاريع متعددة.

وليس مستغربا أن بداية الدراسة المنهجية لليوناردو سنة ١٤٨٤ تطابقت مع المداخل الأولى لمذكراته، وبمجرد استقراره على البرنامج متعدد الأوجه في البحث، كان يسجل جميع الأفكار والملاحظات الجديدة، والآن وهو في منتصف الثلاثينيات من العمر، كان ذلك هو الوقت الذي عمق فيه دراساته النظرية لما وراء

احتياجاته كفنان ومبتكر، فعلى سبيل المثال، عندما درس طبيعة الضوء والظل، فقد فعل ذلك أولا ليطور نظريته عن فن الرسم، لكنه في النهاية ذهب أبعد من ذلـــك، وكما لاحظ كينيث كلارك:

"رسم سلسلة طويلة من الأشكال تبين تـــأثير الــضوء الساقط على كرات وأسطوانات وهو يعبـــر ويـــنعكس ويتقاطع في تنويعات لانهائية... كانت الحسابات معقدة وعويصة لدرجة أننا نشعر فيها، لأول مرة تقريبًـــا، أن ليوناردو يميل لمتابعة البحث لغرض البحث نفسه، بدلاً من دعم فنه".(٥٨)

وبينما كان ليوناردو يجري دراساته عن سقوط الــضوء علـــى الأجـــسام الصلبة، أصبح ليوناردو أيضا مهتما بفسيولوجيا الرؤية، ثم أخذ في دراســـة بقيـــة الحواس الأخرى، ورسوماته التشريحية المبكرة، المبنية على المقاطع التي ترجـــع إلى أواخر ثمانينيات القرن الخامس عشر، عبارة عـــن صـــور جميلـــة للجمـــاجم البشرية، تكشف كلها العصب البصري ومسار الرؤية.(٥٩) لم تكن تلك الرســـومات بعد ذلك مجرد رسومات لغرض الرسم، بل هي أيضا أكثر أهمية كأول رســـومات علمية لأبحاث ليوناردو التشريحية.

ويمكن للمرء أن يرى اتجاهه نحو الاستكشاف الأعمق للمشكلات النظريـــة في رسوماته للآلات في تلك الفترة كذلك (وكما أشار دومنيكو لورنسا)، يبـــدو أن ليوناردو قد نقح رسوماته التقنية الأولى حوالي سنة ١٤٩٠ بأن أضـــاف تعليقـــات نظرية مختلفة).(٦٠) وما يراه المرء في كل هذه الأمثلة – بدءًا من البصريات إلـــى التشريح والهندسة – هو بزوغ ليوناردو العالم.

قبوله التدريجي في البلاط

بعد الدمار الذي خلَّفه الطاعون، بزغ مواطنو ميلانو بتفاؤل جديد وإحساس بالإثارة شجعه الإنفاق السخي للأرستقراطية، وفي أجزاء كبيرة من المدينة، تم إعادة تصميم المنازل وبناء ساحات وجادات جديدة، وفي ١٤٨٧ تم الإعلان عن مسابقة لتصميم تيبوريو tiburio (برج مركزي فوق تقاطع أجنحة الكنيسة)، للكاتدرائية القوطية الهائلة، التي جذبت المعماريين من كل أنحاء إيطاليا، وقد انجرف ليوناردو بالحماس العام، وأصبح مهتما بعمق بالعمارة خلال تلك السنوات وشارك فى مسابقة تيبوريو مع كل من دوناتو برامانتي، وفرانشيسكو دي جيورجيو ومعماريين مرموقين آخرين.

كان المشروع صعبا تماما، حيث إن البرج القوطي المرتفع كان لا بد أن يتزن على أربعة أعمدة نحيفة، وكانت هناك مشاكل بنيوية بالفعل في الأجزاء القائمة من الكاتدرائية، درس ليوناردو كل ما يتعلق بالكاتدرائية ورسم اسكتشات بحلول متنوعة قبل أن يستقر على تصميم ووضع نموذج خشبي.(٦١) وقبل أن يقدم تصميمه للمسئولين أرسل بخطاب استهلالي، بدأه بمقارنة الكاتدرائية بكائن مريض، وقارن نفسه كمعماري، بطبيب ماهر.(٦٢)

تداول حكام المسابقة طويلاً قبل أن يمنحوا العقد أخيرا إلى اثنين من المعماريين من لمبارد في ١٤٩٠، مع تعليمات أن يشيدا نموذجا من مزيج متناسق لأفضل الأجزاء من بين التصميمات المقدمة، وبالنسبة لليوناردو اتضح أن ذلك نتيجة رائعة جدا، فقد سمحت له بمناقشة أفكاره حول تيبوريو، وكذلك وجهات نظره في العمارة عموما، مع المنافسين الآخرين، وخاصة مع برامانتي وفرانشيسكو دي جيورجيو، أشهر اثنين من المعماريين في المجموعة، وسيصبح

كلاهما في النهاية صديقين مقربين لليوناردو، وسيتبادلان العديد من الأفكار معــه، وسيؤثران في مسار حياته المهنية بشكل كبير أثناء تلك السنوات التــي بــدأ فيهــا يطور من نظرياته.

كانت صداقته لبرامنتي بشكل خاص ذات نفع كبير لليوناردو، وكون برامنتي قد ولد بالقرب من أوربينو، جعله ذلك يصل إلى ميلانو قبل ليوناردو ببضع سنوات، وجعله يكتسب بالفعل احترام أسرة سفورزا عندما تقابلا، وكان للفنــانين كثيــر مــن الصفات المشتركة.[٦٣] كان كل منهما فنانا قديرا مهتما بالرياضيات والهندسة، ويحب كلاهما أن يرتجل العزف على العود، ويقدران المعماري والمفكر الــشهير ألبرتــي، وقد جاء الاثنان من وسط إيطاليا للبحث عن مكان لهما في هذه المدينــة الــشمالية، ويقال: إن برامنتي الذي صمم فيما بعد كنيسة سان بيتر في روما، قد أصــبح حــرا تماما من الغيرة المهنية، وربما فتح الكثير من الأبواب في البلاط أمام صديقه الجديد، ويعتقد مؤرخو الفنون أن ليوناردو، بقبضته المحكمة على مبادئ التصميم المعماري، كان له تأثير مهم على أعمال برامنتي.[٦٤]

وأخيرا وفي سنة ١٤٨٨، وبعد ست سنوات من وصوله إلى ميلانو، تمكن ليوناردو من أول إنجاز ذي قيمة في بلاط سفورزا، وفي تغطيــة ســمعته التــي اكتسبها من لوحة عذراء الصخور، وربما بمساعدة توصية برامنتي، كلفه لودوفيكو ليرسم بورتريه لعشيقة المغربي، الشابة الجميلة سيسيليا جاليراني، رسمها ليوناردو ممسكة بحيوان القاقم، وهو رمز للطهارة والاعتدال، التي بسبب اسمها الإغريقــي جال" كانت أيضا إيماءة مقنعة لاسمها جاليراني، كما يطلق عليهــا اليــوم ســيدة بحيوان القاقم، فهي بورتريه غاية في الأصالة ابتكر فيها ليوناردو وضعا جديــدا؛ حيث جعل الموديل تنظر من فوق كتفها بنظرة اندهاش وغبطة مكبوتة، ربما كــان سببها الوصول غير المتوقع لحبيبها.[٦٥] كانت إيماءتها رقيقة أنيقــة تــنعكس فــي حركة الحيوان المكتوبة.

كان لودوفيكو سعيدا جدا بالبورتريه، وبمجرد الانتهاء من البورتريه طلب لودوفيكو من ليوناردو أن يصمم حفلا تنكريا لمهرجان عظيم (le festa del paradiso) احتفالا بزواج ابن أخي الدوق جوان جيليازو إلى إيزابيلا من أراجون، وفي نفس الوقت حقق المغربي واحدة من أعظم أحلام ليوناردو بمنحه طلبية رسم الفارس (il cavallo) – تمثال الفارس العملاق على شرف والد لودوفيكو.[٦٦]

كان "قناع الكواكب" هو قمة الإنجاز المسرحي لليوناردو الذي تم في أثناء الاحتفال العظيم في يناير ١٤٩٠، على خشبة مسرح دوارة، كانت هناك رموز الأبراج، المضاءة بالمشاعل، التي يمكن رؤيتها خلف الزجاج الملون، والكواكب السبعة الممثلة بواسطة ملابس الممثلين، تدور خلال السماوات يصاحبها "نغمات رائعة وأغنيات رقيقة اللحن".[٦٧] كانت الحفلة التنكرية نجاحًا عظيمًا وجعلت ليوناردو مشهورا في كل أنحاء إيطاليا أكثر حتى من شهرته كرسام، ومنذ تلك اللحظة ازداد الطلب عليه في بلاط سفورزا كساحر مبدع للمسرح، وكان يشار إليه في الوثائق الرسمية بصفته رسامًا و"مهندس الدوق"، وأخيرًا وفي سن الثانية والثلاثين وصل ليوناردو إلى المكانة التي كان يرغب فيها عندما كتب خطابه البارز إلى المغربي قبل سنوات.

الفصل الرابع

حياة مليئة بالعمل

بداية من ١٤٩٠، شهدت إيطاليا كلها عدة سنوات من الاستقرار السلمي والسياسي، نعمت أثناءها المدن والدول بتراكم ثراء هائل، وفي ميلانو تجددت القصور، ورصفت الشوارع وأنشئت الحدائق، كانت هناك مسابقات عروض الأزياء، وعروض مسرحية ناجحة في المسرح الجديد الذي أهداه لودوفيكو للمدينة.

أصبح ليوناردو فنان بلاط المغربي المفضل، وقد تم تخصيص مكان فسيح لورشته ولمعيشته في كورت فيتشيا، قصر الدوق القديم المجاور للكاتدرائية، الذي أسكن فيه لودوفيكو ضيوفه المهمين، ويبدو أنه كان لديه جناح كامل تحت تصرفه؛ حيث كان يصمم مشاهد وملابس الاحتفالات، وقد ابتكر آلات ميكانيكية، وأجرى التجارب العلمية، وجَهَّز قوالب للفارس العظيم، الذي كان يعمل عليه، وأجرى أول اختبار على آلته الطائرة، ولكي يلبي طلبات البلاط الدائمة، قام بتوظيف العديد من المتدربين والمساعدين وتعاقد مع عمال، بالإضافة إلى احتفاظه بمجموعة صغيرة من خدم المنزل.[١] وفي الواقع كان بوتيجا ليوناردو مكانا مشغولاً.

وبالنسبة لليوناردو نفسه، كانت فترة تسعينيات القرن الخامس عشر فترة نشاط إبداعي مكثف، كان تقدمه الفني في أوجه متمثلا في عملين رئيسيين – تمثال الفارس ولوحة العشاء الأخير، وكان يستشار دائمًا بوصفه خبيرًا في التصميمات المعمارية، وكان منهمكا في أبحاث مستفيضة ومنهجية في مجال الرياضيات والبصريات والميكانيكا، ونظرية طيران الإنسان.

تركيز جديد على الرياضيات

وما أثار هذا الطور من البحث المكثف عند ليوناردو هو تعرفه على مكتبة بافيا في صيف ١٤٩٠، كان لودوفيكو قد أرسله إلى بافيا، التي كانت تتبع دوقية ميلانو، وذلك للتفتيش على أعمال كاتدرائية المدينة وأرسل معه المعماري فرانشيسكو دي جيورجيو، كانت تلك الرحلة بالنسبة لليوناردو ملهمة فكريا ومكافأة شخصية من عدة نواحي.، وخلال الأسابيع التي قضيناها معا، كون صداقة قوية مع فرانشيسكو الذي كان ينظر إليه كمعماري ومهندس فذ، والذي كانت مقالاته في الهندسة المدنية والعسكرية ذات تأثير كبير على ليوناردو في السنوات القادمة.[٢]

وكان الأهم بالنسبة لليوناردو- مع ذلك- هو اكتشاف المكتبة العظيمة في قلعة فيسكونتي بالمدينة، كانت بافيا مقر واحدة من أقدم الجامعات في أوربا، وأصبحت مركزا فنيا وفكريا رئيسيا، كانت القاعة الكبرى للمكتبة، بجدرانها ذات الأرفف المليئة بالمخطوطات، كانت مشهورة بين المثقفين في جميع أنحاء إيطاليا.[٣] كان ليوناردو مأخوذا بمنظر هذا الكنز الفكري المهول، وفي الواقع، لم يعد ليوناردو إلى ميلانو مع فرانشيسكو عندما انتهت مهمته، لكنه مكث في بافيا لستة أشهر أخرى ليزيد من اكتشاف المكتبة.

وبينما كان ليوناردو منغمسا في هذا البحث التقى مع فازيو كاردانو، الأستاذ في الرياضيات بجامعة بافيا، والاختصاصي في "علم المنظور"، الذي كان يتضمن الهندسة والبصريات الهندسية في عصر النهضة.[٤] أشعلت مناقشات ليوناردو مع كاردانو ودراساته في المكتبة حماسا للرياضيات، وخاصة الهندسة، وزودت أبحاثه المتعاقبة بالكثير وبعد عودته لميلانو مباشرة بدأ في الكتابة في

اثنتين من مذكراته، اللتين تعرفان الآن بالمخططتين A ,C وقـد اسـتخدم فيهما معرفته الجديدة للهندسة في دراسة منهجية للمنظور والبصريات وكذلك في المسائل الأولية المتضمنة للأوزان والقوة والحركة – وهي فروع الميكانيكا التـي تعـرف اليوم باسم الإستاتيكا والديناميكا والكنيماتيكا.

لم تهتم أبحاث ليوناردو بالإستاتيكا والديناميكا فقط، بل بصورة أكثر أهميـة اهتمت بفهم الجسم البشري وتحركاته، فمثلا فحص مقدرة الجسم على توليد مقادير مختلفة من الطاقة في أوضاع مختلفة، كان أحد أهدافه الرئيسية هو اكتشاف كيـف لطيار بشري أن يولد الطاقة الكافية لرفع آلة طائرة مـن علـى الأرض بتحريـك جناحيها الميكانيكيين.[٥]

وفي دراساته للآلات في تلك الفترة، بدأ ليوناردو فـي فـصل الميكانيكـا الفردية – الروافع، والتروس، والتحميل، والازدواجات ...إلخ – عن الآلات التـي تضمها، ولم يثر هذا الفصل المفاهيمي مرة ثانية في الهندسة حتى القـرن الثـامن عشر.[٦] وفي الواقع، خطط ليوناردو (وربما كتب) رسالة عـن عناصـر الآلات، ربما متأثرا بمناقشاته مع فازيو كاردانو حول كتاب إقليـدس الـشهير "عناصـر الهندسة" في بافيا.

ومن المدهش أنه في خضم هذه السنوات من الأبحاث المكثفة، وبينما كانت ورشته مشغولة تماما بتيار من الطلبيات من بلاط سفورزا، واصل ليوناردو تعلمه الأدبي الذاتي فبدأ في ١٤٩٣ دراسة اللغة اللاتينية، وفي مذكرات صغيرة خاصة – المخطوطة H، نسخ ليوناردو مقاطع من كتاب مشهور في قواعد اللغة اللاتينيـة، وكذلك كلمات لاتينية من مفردات معاصرة، ومما يثير الدهشة أن نـرى مقـاطع لليوناردو وقد تخطى الأربعين من عمره، وفي قمة قوته وشـهرته، يكتـب نفـس تصريفات الأفعال الأساسية amo – amas – amat ... – والتي على التلاميذ في سن الثالثة عشرة أن يحفظوها.

الصداقة والخيانة

ووسط دراساته وتجاربه واستعداداته النهائية لسبك تمثال الحصان البرونزي العملاق، تلقى ليوناردو تكليفًا من لودوفيكو لرسم لوحة "العشاء الأخير" – التحفة التي يدفع الكثيرون بأنها تقف علَى قمة تاريخه المهني كرسام، كان من المفترض أن تكون هذه اللوحة لوحة جصية كبيرة في قاعة الطعام بالدير الدومنيكاني سانتا ماريا ديللي جراتسي في ميلانو، وكان هذا الدير هو المكان المفضل لتعبد المغربي؛ كانت آخر وجبة تشارك فيها المسيح مع حوارييه هي الموضوع التقليدي فى قاعات طعام الأديرة.

وكما هو الحال دائمًا، تأمل ليوناردو الموضوع بعناية من خلال مضمونه الديني والفني والمعماري، عمل اسكتشات تمهيدية عديدة، وأنهى اللوحة خلال سنتين أو ثلاثة – وهي فترة قصيرة نسبيا إذا اعتبرنا أنه كان عليه أن يقسم وقته بين رسم لوحة "جراتسي (Grazie)" والعمل في "الفارس" في كورت فيتشيا.

وتعتبر لوحة العشاء الأخير لليوناردو اللوحة الأولى في ذروة عصر النهضة (فترة الفن الإيطالي ما بين ١٤٩٥ و ١٥٢٠ تقريبا)، وهي فترة تختلف دراميا عن الإنتاج المبكر في هذا الموضوع، ومن المؤكد، أن هذه اللوحة قد أصبحت مشهورة في كل أنحاء أوربا بعد الانتهاء منها مباشرة، وتم إعداد نسخ منها مرات لا تحصى، وأول صفة عالية الخيال يلاحظها المرء هي الطريقة التي كامل فيها ليوناردو اللوحة الجصية مع عمارة قاعة الطعام، ابتكر ليوناردو سلسلة من التناقضات البصرية ليخلق إيحاء تفصيليا مستعرضا مهارته في الهندسة – منظور معقد جعل حجرة العشاء الأخير تبدو وكأنها امتداد لقاعة الطعام نفسها التي يتناول فيها الرهبان وجباتهم.(٧)

كان أحد تداعيات هذا المنظور المعقد أنه عند رؤيتها من أي موضع في الحجرة، ينجذب المشاهد إلى دراما الرواية بنفس القوة، وكانت بالفعل درامية، وبينما تم تصوير العشاء الأخير تقليديا عند لحظة العشاء الرباني، لحظة السكينة، والتأمل الفردي لكل رسول، اختار ليوناردو لحظة نحس عندما قال المسيح: "واحد منكم سيخونني".

أثارت كلمات المسيح الصحبة الرزينة محدثة موجات قوية من الشجن، ومع ذلك، كان الأثر أبعد من أن يكون فوضى، كان الرسل مرتبين في أربع مجموعات تضم كل منها ثلاثة أشخاص، وكان يهوذا ضمن إحدى تلك المجموعات مع بطرس ويوحنا، كانت تلك تجديدا تركيبيا مثيرًا، وتقليديا كان يهوذا يصور جالسا على الجانب الآخر من المائدة مواجها الرسل معطيا ظهره للمشاهد، لم يكن ليوناردو في حاجة ليميز الخائن بعزله بهذه الطريقة، وإعطاء الرسل إيماءات تعبيرية مختارة بدقة، تغطي جميعها مدى عريضا من الأحاسيس، أراد الفنان أن يتأكد أن المشاهد يتعرف على يهودا مباشرة بأن جعله ينكمش للوراء في حين ظل يوحنا ممسكا بعصبية بكيس الفضة، وتصوير الرسل كتجسيد للحالات العاطفية المفردة وتكامل يهوذا في الرواية الدرامية، كانت ثورية لدرجة أنه لم يستطع أي فنان يحترم نفسه بعد ليوناردو أن يعود ثانية إلى حالة التركيب الإستاتيكية السابقة.

وخلال حياته المهنية كرسام كان ليوناردو مشهورا بمقدرته على الإمساك بالأحاسيس الرقيقة – "حركات الروح" – في تعبيرات الوجه والإيماءات البليغة، وينسجها في تركيبات الرواية المعقدة، وكانت هذه المقدرة المتميزة واضحة بالفعل في لوحته المبكرة "مادونا"، ووصلت ذروتها في "العشاء الأخير" وأعماله الناضجة الأخرى.

قدم الكاتب المسرحي والشاعر جيوفاني باتيستا جيرالدي، الذي كان والده يعرف ليوناردو، قدم لمحة مثيرة لطرق الفنان المتبعة للوصول إلى هذا التسيد المتفرد، كتب جيرالدي، "عندما كان يرغب ليوناردو في رسم شخص ما، كان يأخذ

في اعتباره أولا الموقف الاجتماعي وطبيعة ما يمثله، سواء كان من النبلاء أو من العامة، مرح أو قاس، مهموم أو هادئ، عجوز أو شاب، مستثار أو ساكن، طيب أو شرير، وعندما كان يتخذ قرارا، كان يذهب إلى الأماكن التي يرتادها الناس من هذا الطراز ويلاحظ وجوههم، وسلوكهم وملابسهم وإيماءاتهم؛ وعندما يجد ما يلائم غرضه، كان يسجل ذلك في كتاب صغير كان دائمًا يحمله في حزامه، وبعد تكرار هذه العملية مرات عديدة، وبعد أن يصبح مكتفيا بالمعلومات التي جمعها بالنسبة للشخص الذي يرغب في رسمه يشرع في تشكيله".(٨)

وخلال هذه الفترة، وبينما كان ليوناردو يرسم "العشاء الأخير" ويتأمل في طبيعة الضعف والخيانة عند البشر، كانت حياته الخاصة تثري بمقابلة قد تتحول فيما بعد إلى صداقة دائمة، ففي عام ١٤٩٦ أتي الراهب وعالم الرياضيات الشهير الفرنشيسكي لوكا باتشيولي للتدريس في ميلانو، ترسخت سمعة الفرنشيسكي لوكا كعالم رياضيات برسالة مستفيضة، كنوع من مرجع دراسي في الرياضيات عنوانه "موجز في حساب وهندسة النسب والنسبية"، ومكتوب باللغة الإيطالية بدلاً من اللغة اللاتينية الفكرية المعتادة، وقد احتوى فقرات من أعمال الكثيرين من علماء الرياضيات العظام من الماضي والحاضر، وليوناردو الذي كان مهتما بشكل جاد بالرياضيات منذ دراساته في مكتبة بافيا، أصبح مأخوذا برسالة باتشيولي، وانجذب في الحال إلى مؤلفها.

كان الفرنشيسكي لوكا يكبر ليوناردو ببضع سنوات، وكان رفيقا توسكانيا؛ مما ساعدهما في إرساء علاقة سهلة سرعان ما تحولت إلى صداقة، قدمت هذه الصداقة لليوناردو فرصة فريدة ليعمق دراساته في الرياضيات، ولم يساعده باتشيولي فقط في فهم الأجزاء المختلفة من رسالته، بل أرشده في دراسة مستفيضة للطبعة اللاتينية من كتاب إقليدس "العناصر"، وبمساعدة صديقه الأساسية، وملأ مذكرتين بالملاحظات الرياضية.(٩)

وسرعان بعد أن بدأ الاثنان جلسات الدراسة، قرر ليوناردو والفرنشيسكي لوكا أن يتعاونا في كتاب عنوانه "De divina proportione" ، النسب الإلهية، على أن يكتبه باتشيولي ويقوم ليوناردو برسم الأشكال، تم تقديم الكتاب إلى لودوفيكو كمخطوطة عظيمة نشرت في النهاية في فينيسيا، محتويًا تجميعًا مكثفًا لدور النسب في العمارة والتشريح – وبالتحديد في الجزء الذهبي، أو "النسب الإلهية" – كما يحتوي على مناقشات تفصيلية للمضلعات الخمسة المنتظمة المعروفة باسم الجوامد الأفلاطونية.(١٠) ويحتوي على أكثر من ستين شكلا توضيحيا لليوناردو متضمنة رسومات فائقة للجوامد الأفلاطونية في شكل شامل وهيكل؛ الأمر الذي يشهد بمقدرته الفذة على رؤية الأشكال الهندسية التجريدية، والأمر الآخر الذي يميز هذا العمل هو أنه مجموعة الرسومات الوحيدة لليوناردو التي نشرت في حياته.(١١)

وبينما كان ليوناردو يرسم الأشكال لكتاب باتشيولي كان يواصل العمل أيضا في لوحة "العشاء الأخير"، كان تقدم العمل مستمرا لكن ببطء؛ حيث كان الفنان يعمل بطريقته التقليدية الفكرية والتأملية، وقد أمضى أوقاتًا طويلة يهيم في شوارع ميلانو باحثًا عن نماذج مناسبة لوجوه الرسل.(١٢) وبحلول ١٤٩٧ كان الجزء الوحيد المتبقى ليستكمله هو رأس يهوذا.(١٣) وفي هذه اللحظة، فقد رئيس الدير صبره نتيجة بطء ليوناردو واشتكاه للدوق، الذي استدعى الفنان ليعرف سبب بطئه، ووفقا لفساري، شرح ليوناردو الأمر للمغربي على أنه كان يعمل ساعتين يوميا على الأقل على لوحة "العشاء الأخير" لكن معظم هذا العمل كان يجري في ذهنه فقط، واستمر قائلاً: إنه إذا لم يجد النموذج المناسب ليهوذا، فإنه سيعطي الشرير سمات رئيس الدير العدواني، سُرَّ لودوفيكو كثيرا بإجابة ليوناردو لدرجة أنه أعطى تعليمات لرئيس الدير أن يتحلى بالصبر ويدع ليوناردو ينهي عمله دون أن يزعجه.

وبعد بضعة أشهر انتهت لوحة "العشاء الأخير"، ولسوء الحظ سرعان ما بدأت تتلف.، لم تكن اللوحة جصية بمعنى الكلمة، لم تكن مرسومة كفريسكو (al fresco) بألوان مائية الأساس على حائط رطب لم يجف بعد .. كانت تقنية الفريسكو ينتج عنها جداريات دائمة، لكنها تحتاج إلى سرعة في الإنجاز؛ الأمر الذي لم يتوافق مع طريقة ليوناردو في الرسم، وبدلا من ذلك جرب الفنان خليطاً من (egg tempra) والزيت، ولأن الحائط كان رطبا سرعان ما قاست اللوحة، والشيء المحزن أن المحاولات المتتالية لوقف أو إبطاء تلف اللوحة كانت فاشلة، وعلى مر القرون كانت هناك محاولات لا تحصى لترميم لوحة "العشاء الأخير"، تضمن الكثير منها تقنيات محل تساؤل، الكثير منها لم يتم تسجيله، وكما كتب كينيث كلارك ١٩٣٩ "من الصعب مقاومة النتيجة بأن ما نراه الآن على حائط جراتسيا هو إلى حد كبير إنتاج المرممين".[١٤] اكتملت آخر مجهودات بارسيليون، وكان هو أفضل عملية ترميم لدفنها ومستواها الرفيع، واستغرقت أكثر من ٢٠ عاما.[١٥] أزالت المرممة وفريقها تقريبا كل آثار ما فعله المرممون السابقون لتكشف أكثر ما يمكن من رسم ليوناردو، وبدلاً من معالجة التلف أعادوا تركيب المحددات الأصلية وملأوا الأماكن الفارغة ما بين الأجزاء الموجودة بألوان مائية، بنفس درجة اللون، وما يراه المشاهد الآن من مسافة قريبة هو التباين الواضح بين الرسم الأصلي والأماكن الخالية، لكن عند النظر عن بعد تختفي هذه التباينات لتعطي الانطباع برؤية نسخة باهتة من اللوحة الأصلية.

وعلى الرغم من حقيقة أن القليل فقط هو الموجود من التحفة الأصلية لليوناردو، فإن العمل المرمم يظهر بلاغة وقوة إيماءات بطل العمل، وحتى بالإشارة إلى التألق الذي هو من خصائص لوحة ليوناردو، ويكتب كينيث كلارك "وما زلنا نمسك بمشهد الأشكال الإنسانية الفائقة والأصلية، ومن دراما تداخلها نستطيع تقدير بعض المزايا التي جعلت "العشاء الأخير" هو حجر الزاوية للفن الأوربي".[١٦]

الفوضى السياسية

عندما أنهى ليوناردو "العشاء الأخير" سنة ١٤٩٨ لم يكن يعرف أن موقعه في بلاط سفورزا ووجوده في ميلانو سينتهي فجأة بعد سنتين، واصل ليوناردو برنامج دراساته وأبحاثه دون انقطاع، حافظ ليوناردو على دراساته في الرياضيات مع الفرنشيسكي لوكا، وكانا يعملان على نظرية طيران البشر، وأجريا تجاربهما على آلات طيران متعددة، وبالإضافة لذلك رسم بورتريهًا لعشيقة لودوفيكو الجديدة لوكريزيا كريفيللي(١٧)، وبعد الموت التراجيدي لزوجة الدوق بياتريس، عهد له لودوفيكو بتزيين صالة Sala del asse تخليدا لذكراها.(١٨)

وخلال هاتين السنتين الأخيرتين في بلاط سفورزا، قام ليوناردو أيضا بالعديد من الرحلات داخل شمال إيطاليا، وقد صاحب المغربي سنة ١٤٩٨ في زيارة لجنوا، وفي مناسبة أخرى قام هو برحلة إلى جبال الألب، وهناك تسلق قمة مونت روزا،(١٩) وهي ثاني أعلى قمة جبل في أوربا، وجزء رئيسي مهول مغطى بالثلوج وتقع على الحدود بين إيطاليا وسويسرا وتضم عشر قمم رئيسية الكثير منها يزيد ارتفاعه عن ٤٠٠٠ متر (١٣٠٠٠ قدم)، وحتى في هذه الأيام فإن تسلق أي من هذه القمم هو عمل شاق جدًا، على الرغم من أنه فنيا ليس صعبًا، فهو يتضمن من ٥ إلى ١٠ ساعات من تسلق منحدرات حادة والمشي على مسافات ممتدة من الثلوج،. وعلى المرء أن يكون في حالة صحية جيدة ومعتاد على الارتفاعات الكبيرة، وفي زمن ليوناردو كان مثل هذا التسلق عملا غير عادي.

ويصف العديد من المعاصرين ليوناردو بأنه كان رياضيا جدا في شبابه؛(٢٠) وواضح أنه ما زال لديه القوة اللازمة لتسلق الجبال وهو في الأربعينيات من عمره، ويصف في مذكراته اللون الأزرق الداكن للسماء "تقريبا

فوق السحاب" والخيوط الفضية للأنهار في الوديان من أسفل، لا بد أن المنظر من هذا الارتفاع، قبل عصر التلوث الصناعي ببضع مئات من السنين، كـــان منظـــرًا خلابا، كان يمكنه رؤية "الأنهار الأربعة التي تروى أوربا" – الـــراين، والـــرين ، والدانوب، وبو.(٢١)

وبينما كان ليوناردو يستمتع بالمشهد الواضح للوديان والأنهار مـــن فـــوق مونت روزا، كانت السحب السياسية التي تهدد السلام تتجمع، وفـــي ســـنة ١٤٩٤ عبر تشارلز الثامن ملك فرنسا جبال الألب علـــى رأس جـــيش كبيـــر، وضـــحى لودوفيكو بالبرونز المخصص لسبك تمثال "الفارس العظيم" لليوناردو للـــدفاع عـــن ميلانو.(٢٢) وخلال السنوات التالية تقدم الفرنسيون داخل إيطاليا بثبات وفي ١٤٩٨، وبعد أن توفى تشارلز الثامن إثر حادثة، أعلن الملك الفرنسي الجديد لويس الثـــاني عشر نفسه دوقا لميلانو، وجهز لقهر المدينة.

وفي صيف ١٤٩٩ كون لويس تحالفا سريا مع فينسيا وغـــزا لومبـــاردي ليهاجم عاصمتها، ميلانو، بينما هاجم الفينسيون من الشرق، فر لودوفيكو في هلـــع إلى إنسبورج بالنمسا مع عائلته باحثا عن حماية من قريبه الإمبراطور ماكسميليان، وفي سبتمبر استسلمت ميلانو دون إطلاق طلقة واحدة.(٢٣) سجل ليوناردو وبهدوء في مذكراته بعض الملاحظات الجديدة، ويبدو عليه الشرود التام، نحو الاضطراب السياسي من حوله "الحركة والوزن"(٢٤).

دخل لويس الثاني عشر منتصرا في أكتوبر، ويبدو أنه منح ليوناردو وظيفة مهندس عسكري، فتن لويس بالعشاء الأخير لدرجة أنه استفهم مـــا إذا كـــان مـــن الممكن رفع العشاء الأخير من على حائط "جراتسيا" وأخذها إلى فرنـــسا.(٢٥) فـــإن ليوناردو رفض عرض الملك ربما بسبب مشاهدته لأعمال النهب والقتل التي قـــام بها الجيش الفرنسي، وعندما رأى فرقة من رمـــاة الـــسهام يـــستخدمون النمـــوذج الصلصالي "للفارس" كهدف للتدريب عليه، أيقن أن الوقت قد حان لمغادرة المدينة، قام بتسوية أموره وأرسل مدخراته إلى بنكه في سانتا ماريا نوفا بفلورنسا، وقبل أن ينتهي العام ترك هو وصديقه الفرنشيسكي لوكا ميلانو.

العودة إلى فلورنسا

سافر لوكا باتشيولي مباشرة إلى فلورنسا، أما ليوناردو فقد قام برحلة طويلة من طريق مانتوا وفينسيا والتحق بصديقه بعد شهور قليلة. وعندما عاد ليونـــاردو إلى فلورنسا حيث قضى السنوات الست التالية، كان عمره ثمان وأربعين سنة، هى السن التى تعتبر في تلك الأيام سنا متقدمة، فإن إبداعاته الفنية والعلمية قد تواصلت دون أن تخبو. وخلال الخمس عشرة سنة التالية رسم ليوناردو المزيد من روائعــه وأنتج أعظم أعماله العلمية. وأصبح الآن مشهورًا بوصفه فنانا ومهندسًا فـــي كـــل أنحاء إيطاليا. وكان معروفا جيدًا بين معاصريه أنه كان يكرس معظم وقتـــه فـــي الدراسات العلمية والرياضيات. وحقيقة أنه لم يعلم أحد عن أي شيء تـــدور تلـــك الدراسات، زادت من صورته كعبقري غامض.

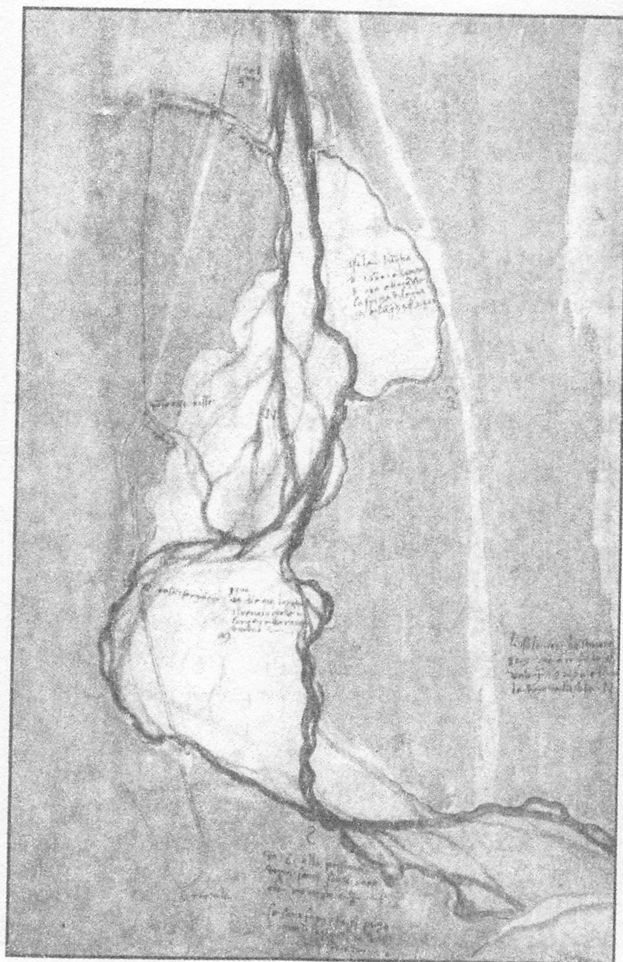
كان ليوناردو مطلوبا بشدة لاستشارته في العمارة والهندسة العسكرية وكذلك في المقاولات المربحة لرسم اللوحات. وكونه قد حصل على مبالغ لا بأس بها من أسرة لودوفيكو سفورزا في العقد الماضي، فقد أصبح مؤمنا ماليا، ممـــا جعلـــه لا يسعى فنيا إلى من في السلطة والأثرياء، على الرغم من أن التوظيـــف المـــستمر والمربح كان واحدًا من أهم أولوياته. ومع ذلك استمر منعزلا تماما عن الـــسياسة، وأظهر القليل من الولاء لأي ولاية أو حاكم سياسي.

كانت كثير من المهمات الاستشارية، وخاصـــة تلـــك المتعلقـــة بالهندســـة العسكرية تتطلب منه السفر إلى مدن أخرى في شمال إيطاليا، وكانت الفترة الثانية التي قضاها في فلورنسا يتخللها رحلات متكررة. فإن رحلاته قد بدت وكأنها تلهمه

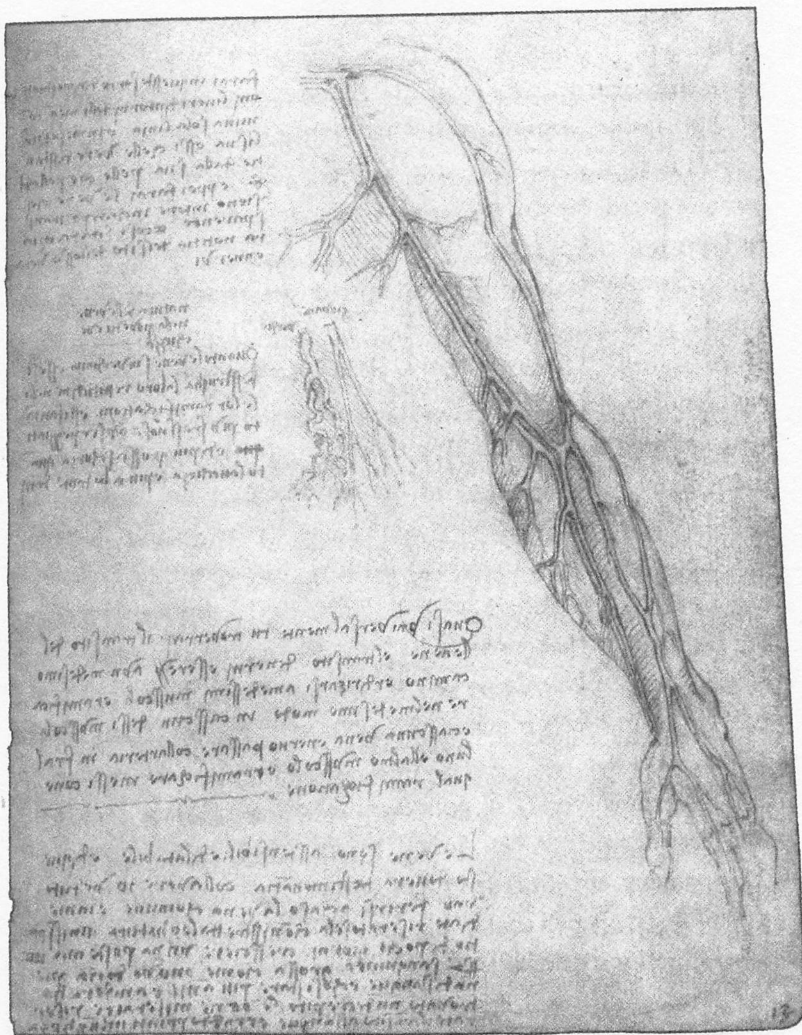
المزيد من العمل المكثف. بالإضافة إلى اختبار التحصينات العسكرية وتقديم العديد من الرسومات بمقترحات للتطوير، درس ليوناردو الفلورا والتركيبات الجيولوجية للأماكن التي زارها، ورسم خرائط جميلة وتفصيلية تبين الأبعاد والارتفاعات، كما زار المكتبات المتميزة ليواصل دراساته النظرية.

تظهر خرائط ليوناردو في هذه الفترة التفاصيل الجغرافية بدرجة دقة أفضل كثيرا من أي محاولات قام بها واضعوا الخرائط في عصره.[٢٦] استخدم ليوناردو مغسولات لها شدة مختلفة لتتبع خطوط الكونتور لسلاسل الجبال وظلال مختلفة تمثل الارتفاعات المختلفة، كما صور الأنهار والوديان وأماكن المعيشة بشكل واقعي لدرجة أن المرء يشعر وكأنه يطل على المشهد من طائرة. (انظر شكل ٧-٧ ص ٢٦٦) كان ليوناردو يركز بصفة خاصة في معظم خرائطه على شبكة الأنهار والبحيرات. وفي بعض مشاهد امتداد نهر آرنو (شكل ٤-١) يستخدم اللون الأزرق ذي الدرجات المختلفة ليحصل على تشابه مذهل بين انسياب سريان مياه النهر وسريان الدم في الأوعية الدموية في الجسم (شكل ٤-٢) - شهادة جميلة ومثيرة بشكل رائع للكيفية التي يرى بها ليوناردو الماء كأوعية الأرض الحية.

استمر ليوناردو كذلك في إبداع أعمال فنية عظيمة (من بينها المادونا والطفل، ولفاف الخيوط، واسكتشات مختلفة للمادونا والطفل، وسانت آن، وتركيبين مختلفين لليدا والبجعة) كثير منها كان له تأثير كبير على فناني الرسم المعاصرين، بمن فيهم رفائيل ومايكل أنجلو.[٢٧] ويكتب مارتن كيمب أنه "من المدهش أن هذه الفترة قد تميزت بثراء مذهل من النشاط الفني الذي تم فيه إنجاز العشرات من التركيبات المميزة، والتي أخذها إلى مراحل مختلفة من الكمال ليوناردو نفسه ومساعدوه"[٢٨].



شكل (٤-١) عروق الماء في الأرض، نهر آرنو، حوالي ١٥٠٤، الرسومات وأوراق مختلفة، المجلد ٤، ملف ٤٤٤



شكل (٤-٢) أوعية الدم في الذراع الأيسر حوالي ١٥٠٧-١٥٠٨، الدراسات التشريحية ملف r69

وفي فبراير ١٥٠٠ وبعد أن ترك ليوناردو ميلانو مباشـــرة قـــضى بـــضعة أسابيع في مانتوا بدعوة من إيزابيلا دست، الأخت الكبرى لزوجة لودوفيكو المتوفـــاة بياتريس. كانت إيزابيلا الجميلة والمثقفة فكريا جامعة مرموقة للفنون وراعية كريمـــة للفن، ولو أنها كانت حادة المزاج مستبدة.[٢٩] كانت مهتمة بصفة رئيسية بالرســـومات التي تمجد فضائلها وكثيرا ما كانت تملى تركيبهـــا بـــل وحتـــى اختيـــار الألـــوان المستخدمة. وكان من المعروف جيدا أنها قد أزعجت جيوفاني بيلليني عندما أخذتـــه إلى القضاء للحصول على الرسم الذي أرادته بالضبط، وكيف أنها كتبت على الأقـــل ٥٣ رسالة ملحة إلى بورجينو ضاغطة عليه لإنهاء الشعار الذي صممته.

قابلت إيزابيلا ليوناردو كثيرا في بلاط سفورزا وكانت دائمًا تتوســـل إليـــه ليرسم بورتريه لها. ويبدو أنه أطاعها في مانتوا. فقد رسمها بروفيل بطباشير أسود وأحمر، ومن المحتمل أن يكون قد أعطاها نسخة. ويعني ذلك أنه سيحتفظ بالأصل لينقلها ويرسمها على لوحة فيما بعد.[٣٠]

لكنه على الرغم من الكثير من استعطافات رسل إيزابيلا المتتالية، فلم يكمل قط ليوناردو بورتريها كاملاً لها. ومن الواضح أنه لم يكن يرغب أن يعرض نفسه لنزوات إيزابيلا. وتحت سحره وكرمه ظل ليوناردو مستقلا بـــشدة عنـــدما كانـــت كرامته الفنية على المحك.

ارتحل ليوناردو من مانتوا إلى فينيسيا، حيث كان مجلس الشيوخ في حاجة ملحة إلى مهندس عسكري له مواهب ليوناردو. وكان أهل فينيسيا قد لاقوا هزيمـــة حربية في معركة بحرية ضد الأتراك. وخيم الجيش العثماني فى منطقـــة فريولـــي على ضفاف نهر أيسونزو مهددين بالغزو من الحدود الـــشمالية الـــشرقية. ذهـــب ليوناردو إلى فريولي ودرس طبوغرافيا الأرض وعاد إلى مجلس الشيوخ بخطـــة لبناء مصد متحرك على نهر أيسونزو. وقد دفع بأن هذا المصد يمكن أن يـــستخدم لحجز كمية من الماء يمكن أن تطلق لإغـــراق الجـــيس التركـــي عنـــد عبـــورهم النهر،[٣١] وعلى رغم عبقريته الفكرية فإن مجلس الشيوخ الفنيسي قد رفضها.

كان الفنيسيون مهمومين بهجوم محتمل للأسطول التركي. كان رد فعل ليوناردو على هذا التحدي تصميم أجهزة للغطس لا ترى من سطح الماء لاستخدامها في الأعمال الحربية البحرية – غواصات يمكن إرسالها "لإغراق أسطول من السفن"؛ مجهزة بغواصين يحملون قربا مملوءة هواء ونظارات مخصصة للغطس، وتجهيزات خاصة لإحداث ثقوب في ألواح السفن الخشبية، ورجال الضفادع البشرية بزعانفهم، وأشياء من ذلك القبيل. كان مظهر هذه التصميمات مدهشا للغاية.(٣٢) كان ليوناردو على علم تام بالتناقض بين عمله مهندسًا عسكريًا وطبيعته السلمية.(٣٣) وقد كتب ليوناردو في مخطوطة ليستر (Codex Leicester) "لا أصف طريقتي للبقاء تحت الماء لمدة طويلة، كما أصف بقائي بدون تناول الطعام، وإنني لا أنشر أو أبوح بذلك نظرًا للطبيعة الشريرة للأشخاص الذين يمارسون الاغتيال في قاع البحار بتحطيم أعمق الأجزاء السفلى من السفن وإغراقها وبها طواقمها".(٣٤) طُلب من ليوناردو فحص نظم القنوات الفنيسية لاختيار إمكانية تطويرها وفي سياق هذا العمل ابتكر ليوناردو بوابة موصدة بشكل مائل تلعب دورًا في تطور تصميم القنوات.(٣٥) وبالنظر لكل هذه المشاريع المثيرة في الهندسة المدنية والعسكرية، فمن الغريب أن ليوناردو لم يمكث في فنيسيا إلا لأسابيع قليلة. وفي أبريل ١٥٠٠ عاد ليوناردو إلى موطنه الأصلي في توسكانيا.

كان السبب المحتمل لتفسير هذه العودة السريعة إلى فلورنسا هو حصول لوكا باتشيولي في هذا الوقت على كرسي الأستاذية في الرياضيات بجامعة فلورنسا. وقد يكون ليوناردو قد رأى في ذلك فرصة مثالية لمواصلة دراساته مع الفرنشيسكي لوكا، واللقاء مع رواد الفكر الفلورنسيين. ومن المحتمل أن يكون بالإضافة لذلك السعي للحصول على التقدير كفنان في البلد الذي رعى عبقريته في سنوات التكوين. تحققت توقعات ليوناردو بالترحيب به بشكل كبير في فلورنسا. وبعد وصوله إلى المدينة مباشرة، دُعي ليوناردو لرسم لوحة المذبح لدير سيرفيت

في سانتسيما أنونسياتا. ولإضفاء المزيد من الجاذبية على العمل، قدم الرهبان مسكنا فسيحا لليوناردو وأتباعه في الجزء المخصص للضيافة بالدير.(٣٦) تقبل ليوناردو العمل بكل سرور وقبل الإقامة في أنونسياتا على الرغم من أنه جعلهم ينتظرون فترة طويلة قبل أن يبدأ العمل. وبدلا من الرسم تابع أبحاثه في هدوء حول الرياضيات مع باتشيولي، وواصل تجاربه على الوزن والقوة والحركة.

وقد كتب فاساري يقول، "أخيرا رسم ليوناردو كاريكاتيرا يبين سيدتنا مع القديسة آن والمسيح الطفل. ولم يكتسب هذا العمل الإعجاب المثير من جانب كل الفنانين فقط، لكنه، عندما انتهى منه، اجتذب جمهورا من الرجال والنساء، الشباب والشيوخ الذين تزاحموا في الحجرة التي عُرض بها هذا العمل، كما لو كانوا يشاهدون عرضا عظيمًا، محدقين بدهشة في الإعجاز الذي أبدعه". لم يكن ليوناردو يتمنى استقبالا حماسيا أكثر من ذلك من جانب المدينة التي عاد إليها أخيرًا.



شكل (٤-٣) المادونا والطفل والقديسة آن، حوالي ١٥٠٨ وما بعدها. متحف اللوفر – باريس.

وفي لوحة المادونا والطفل مع القديسة آن، كما يطلق على اللوحة اليوم، فتح مجالا جديدًا في تفسيراته التركيبية واللاهوتية للموضوع الديني التقليدي.(٣٧) وبدلا من أن يمثل ليوناردو ماري وأمها القديسة آن في وضع استاتيكي - يجلسان جنبا إلى جنب، والمسيح بينهما على ذراع ماري، أو القديسة آن تجلس عالية في مرتبة عالية متدرجة - قلب ليوناردو الأوضاع التقليدية بأن أضاف خروفا كشخصية رابعة. والمسيح الذي انزلق على الأرض وصل إلى الخروف بينما تحاول ماري إعادته لمكانه، وتبدو القديسة آن وهي تمسك بماري من الخلف.

والرسالة اللاهوتية المتضمنة في تركيبة ليوناردو الغاية في الأصالة يمكن أن ترى كاستمرار لتأملاته الطويلة حول قدر المسيح، والتي بدأت مع لوحة عذراء الصخور. تحاول ماري، في إيحاءات ملفتة، رفع ابنها بعيدًا عن الخروف، رمز العاطفة، بينما القديسة آن تمثل الكنيسة الأم، تعرف أن تلميحات ماري عقيمة- فالعاطفة هي قدر المسيح ولا يمكن تجنبها.

استغرق إنهاء اللوحة من ليوناردو أكثر من عقد من السنوات قام أثناءها برسم العديد من الرسومات بتنويعات لموضوعات تركيبية ولاهوتية. وبعد الرسم الكاريكاتيري الأصلي، والمفقود الآن، قام ليوناردو برسم آخر أكبر، وهو موجود الآن فى الجاليري القومية بلندن، والذي فيه تجلس ماري والقديسة آن جنبا إلى جنب، وإحلال القديس يوحنا المعمدان بدلا من الخروف. فإنه في النهاية عاد لفكرته الأصلية. واللوحة النهائية الموجودة الآن في اللوفر تخليق معقد وبارع لتنويعاته السابقة. وتمتزج الأشكال ببعضها في اتزان متناغم، وفي وجود خلفية من جبال ليوناردو الحالمة والتي تبشر بالموناليزا.

السفر في وسط إيطاليا

عندما وصل ليوناردو إلى فلورنسا وجد مدينة تختلف تماما عن المدينة التي تركها منذ ثمانية عشر عامًا. وفي ١٤٩٤ كان ملك فرنسا تشارلز الثامن لا يـزال في تحالف -في ذلك الوقت- مع لودوفيكو سفورزا، وقد طرد أسرة ميديتشي وأعاد فلورنسا جمهورية. وقعت المدينة في خضم هذه الفوضى تحت سـيطرة التعـاليم المتطرفة للراهب الدومنيكاني جيرولامو سافونارولا، الذي تمكـن مـن تحويـل الجمهورية إلى أصولية ثيوقراطية.[٣٨] وعلى مدى السنوات الأربع التاليـة حكـم سافونارولا كديكتاتور فعلي إلى أن عزله البابا، وحوكم بجريمـة الهرطقـة، وتـم حرقه على الخازوق.

وفي الوقت نفسه جند البابا ألكسندر السادس ابنه (ابن سـافونا رولا) القائـد العسكري الشاب سيزار بورجيا ليساعده في بناء إمبراطورية بابويـة فـي وسـط إيطاليا. وكون سيزار ذكيا وقاسيا وانتهازيا شنيعًا، فقد قام بقهر مدينة بعد أخـرى وضمها إلى البابوية بدءًا من بيومبينو على الساحل الغربي إلـى ريمينـي علـى الأدرياتيكي، ومع ذلك كان سيزار على دراية تامة بأنه إذا لـم يحـصن الأمـاكن الجديدة التي فتحها أولا بأول، فإنها ستصبح معرضة للهجوم من الجيران الأعداء. ولحمايتها لجأ سيزار إلى المهندس العسكري ذي السمعة الأعظم ليوناردو دافينشي.

قام سيزار سنة ١٥٠٢ بتكليف ليوناردو بالسفر عبر جميـع أنحـاء وسـط إيطاليا، والتفتيش على الاستحكامات والتحصينات الأخرى في المدن المفتوحة حديثًا، وقد زوده سيزار بجواز سفر يسمح له بالحرية التامة في الحركة، وشجعه لاتخاذ أي مبادرة يعتقد أنها مناسبة، وسمح له بالسفر المريح مصطحبا حاشـيته. كانـت هـذه المهمة بالنسبة لليوناردو، تبدو كأنها فرصة هائلة، وقد استغلها أفضل استغلال، على

الرغم من أنه كان على علم بالتناقض بين قسوة بورجيا وطبيعته العنيفة وبين نزعة ليوناردو للشفقة والسلم، والذي قد يصبح في النهاية غير محتمل.

وخلال الفترة من ستة إلى ثمانية أشهر، سافر ليوناردو بكثافة إلى توسكانيا ورومانيا المجاورة – بيومبينو، وسينا، وأريزو، وسيزينا، وبيسارو، وريميني – واضعًا خرائط غاية في الدقة للمناطق المختلفة، وكان يعمل على رسم خطط لشق القنوات ومجاري للتصريف، دارسا تحركات الموج والمد والجزر وملأ مذكراته برسومات لتحصينات عبقرية جديدة، صممها لتتحمل ضرب قذائف المدفعية، والتي كانت في تلك الأيام تطلق بسرعات متزايدة.(٣٩) وخلال هذه الشهور احتفظ ليوناردو بتقرير تفصيلي لتحركاته ومشروعاته في مذكرة بحجم الجيب، والتي تعرف الآن بالمخطط I.

وفي أكتوبر التحق ليوناردو بسيزار بورجيا في إيمولا، حيث دخلت القوات معسكراتها الشتوية. وقد أمضى بقية العام في تصميم تحصينات جديدة للقلعة ورسم خريطة دائرية غاية في الأصالة وجميلة جدًا للمدينة. كما التقى كذلك في إيمولا بالسياسي والكاتب الشهير نيكولو ميكيافيللي، وهو من أعظم الشخصيات المؤثرة في عصر النهضة. ولد في فلورنسا والتحق بالخدمة السياسية للجمهورية بوصفه دبلوماسيًا، وسرعان ما ارتفعت أسهمه. وقد أرسل في عديد من البعثات المهمة في إيطاليا وفرنسا، والتي لاحظ خلالها بدهاء التفاصيل الدقيقة للقوى السياسية، والتي وضعها وحللها فيما بعد في أفضل أعماله المعروفة "الأمير". كان أميره "المثالي" من عصر النهضة هو الطاغية الماكر واللا أخلاقي، وعلى ما يبدو أن نموذجه كان سيزار بورجيا.

ولأن ميكيافيلي بجانب كونه مفكرا بارعا، كان أيضا شاعرا وكاتبا مسرحيا مشهورا؛ فمن المحتمل أن ليوناردو كان مفتونا به وظل محتفظا بعلاقة صداقة معه للعديد من السنوات. وعندما تقابلا في إيمولا، كان ميكيافيلي قد أرسل مبعوثًا إلى رومانيا من جمهورية فلورنسا، ربما لمراقبة بورجيا المخادع، والذي ظل في رفقته طوال موسم الشتاء. ولا يوجد سجل للمحادثات العديدة لهذا الثلاثي غير العادي

– سيزار بورجيا، ونيكولو ميكيافيلي وليوناردو دافينشي – والتي كانت تدور بينهم طوال أمسيات الشتاء الطويلة في إيمولا. فإن هذه المحادثات، يبدو أنها قد وضعت ليوناردو وجها لوجه مع الجرائم العديدة التي صاحبت صعود بورجيا للسلطة.

وحتى ذلك الحين، كان ليوناردو دائم السفر بشكل مستقل بعيدا عن الجيش، ويعمل في أغلب الوقت على الأنظمة الدفاعية دون أن يشاهد أي معركة حربية بالمرة. فإنه من المؤكد أنه في هذه الصحبة الممتدة لكل من بورجيا وميكيافيلي، قد سمع ليوناردو عن أعمال سيزار من فمه مباشرة، تلك التي تضمنت العديد من المذابح والقتل. وربما كان مشمئزا من تلك الأحداث مما جعله يشعر بأن عليه ترك الخدمة مع بورجيا. ولا يذكر ليوناردو في مذكراته متى ترك سيزار، ولا لماذا تركه، لكن بحلول فبراير ١٥٠٣ كان قد عاد إلى فلورنسا وسحب أموالاً من حسابه، ربما من المحتمل أنه قد ترك بورجيا فجأة دون أن يحصل على راتبه.

لم يطل انتظار ليوناردو طويلا للحصول على وظيفة جديدة. كانت فلورنسا في حالة حرب مع بيزا وفرضت حصارا على المدينة، الأمر الذي كان ذا أهمية استراتيجية كبيرة بسبب مينائها. وبعد عدة أشهر، ظل البيزيون رافضين للاستسلام. وطلبت الحكومة الفلورنسية (سينوريا Signoria) من ليوناردو أن يأتي بحل عسكري لهذا الأمر. وفي يونيو زار المنطقة، وكما فعل في فريولي منذ ثلاث سنوات، قام برسم خريطة تفصيلية لطبوغرافيا المكان قبل وضع الخطة الاستراتيجية.[٤٠]

عندما عاد ليوناردو إلى فلورنسا اقترح تحويل مجرى نهر آرنو بعيدًا عن بيزا، مما قد يحرم المدينة من مصدر مياهها ويزود فلورنسا بممر مائي إلى البحر. وقد دفع ليوناردو بأن هذه الإستراتيجية قد تنهي الحصار بسرعة دون سفك للدماء. حظيت خطة ليوناردو بدعم حماسي من ميكيافيلي، وقد قبلها آباء المدينة، وبدأ العمل في المشروع في شهر أغسطس، ومع ذلك، وخلال الشهور المتعاقبة لقى المشروع الكثير من الصعوبات بدءًا من العجز في الأيدي والحماية العسكرية وحتى الفيضانات غير المتوقعة. وبعد نصف عام، تم التخلي عن الخطة.

طيران الخيال

استخدم ليوناردو دراسته عن نهر آرنو لإعادة إحياء حلمه القديم بإنشاء ممر مائي صالح للملاحة بين فلورنسا وبيزا، ورسم العديد من الخرائط الملونة الجميلة، مبينا كيف يمكن للقناة المقترحة أن تتجنب التلال شديدة الانحدار في غرب فلورنسا، وبدلا من ذلك إمرار القناة في قوس كبير بجوار براتو وبيستوينا، يقطع في مروره مرتفعات سيرافال قبل أن يتقابل ثانية مع نهر آرنو في شرق بيزا. وقد تخيل أن هذا المجرى المائي قد يزود الأراضي الجافة بالري، ويقدم كذلك الطاقة لكثير من الطواحين التي تنتج الحرير والورق، وتدفع بدواليب الفخار، وتنشر الخشب، وتشحذ الفلزات.[٤١] وكان يأمل أن الميزات العديدة لمثل هذه القناة "الصناعية" قد تجلب السلام والرفاهية للمدن المتحاربة، ولم يتحقق أبدا حلم ليوناردو بالسلام من خلال التكنولوجيا، فإنه بعد خمسمائة سنة أصبح الطريق السريع (الأوتوستراد) الذي يربط بين فلورنسا ولوكا وبيزا يتبع بدقة المسار الذي اقترحه للمجرى المائي.

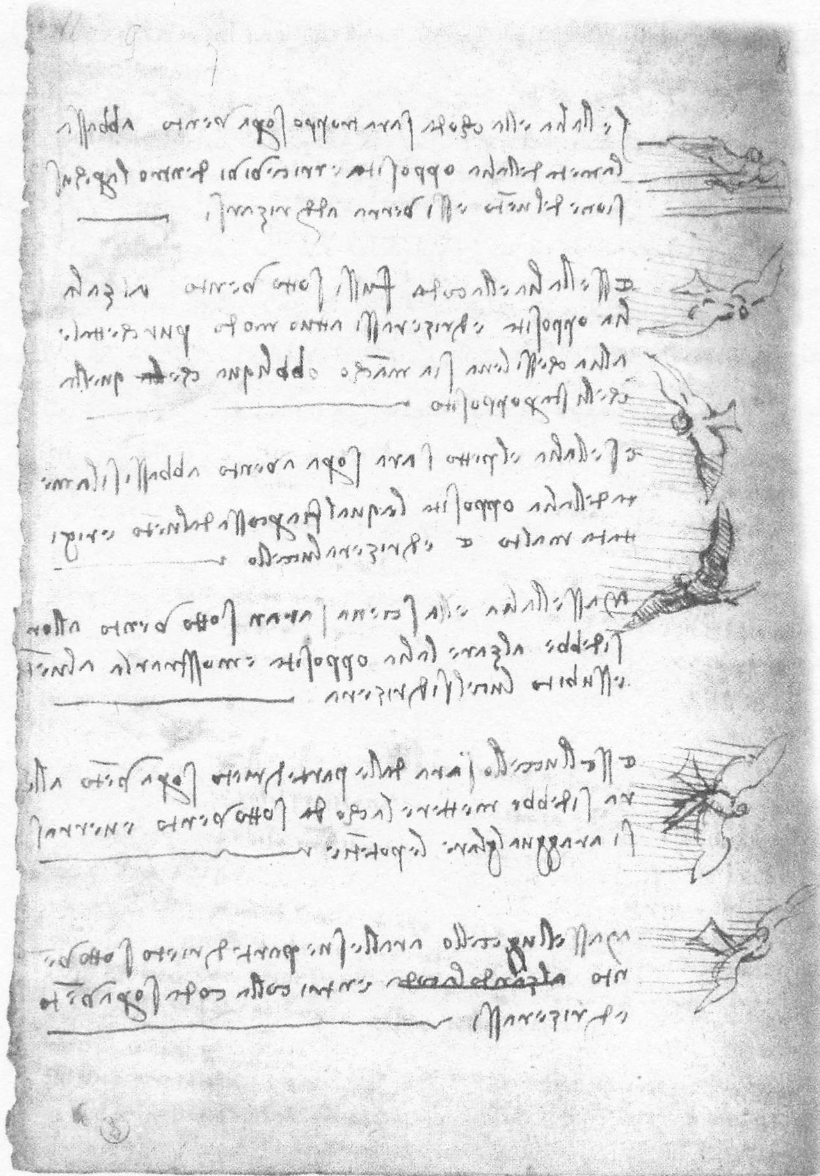
وبينما كان ليوناردو يرسم خرائط مستجمع أمطار نهر آرنو درس الانسياب الهادئ والمضطرب للماء في الأنهار، وتعرية الصخور، وترسيب الحصى والرمال. وعلى المستوى الأكبر، فكر ليوناردو حول تكون الأرض من مياه البحر وحركة "الرطوبة المائية" خلال العالم الكبير. وقد درس تكون طبقات الصخور، ومحتوياتها من الحفريات، والتي أقر بأنها علامات دالة على الحياة في الماضي الجيولوجي البعيد. وقد رأى في البحيرات الجيلية أجزاء مقتطعة من البحار الأولية، وصور في خرائطه ولوحاته كيف أنها وجدت طريقها بالتدرج عائدة إلى المحيطات من خلال الممرات العميقة الضيقة.

وفي أكتوبر ١٥٠٣، وبينما كانت الحرب مع بيزا دائرة، تلقى ليوناردو تكليفا غاية في التقدير لرسم "موقعة أنجياري"، وكان عليه رسم اللوحة الجصية الكبرى لصالح السينوريا (حكومة المدينة) في قاعة اجتماع مجلس المدينة في بالازو فنيشيو. قبل الفنان العرض في الحال. سجل الفنان اسمه مرة ثانية مع نقابة الرسامين في سان لوكا ومُنح جناحًا فخما له ولتابعيه في دير سانتا ماريا نوفيلا متضمنا القاعة البابوية الفسيحة التي استخدمها مرسمًا.

وفي الصيف التالي، سجل ليوناردو وفاة أبيه في عبارة موجزة بالأحرى رسمية: "في اليوم التاسع من يوليو ١٥٠٤، يوم الأربعاء في الساعة السابعة، مات سير بييرو دافينشي الموثق بقصر ويل بودستا، والدي ... كان في الثمانين من عمره وأنجب وترك وراءه عشرة أولاد من الذكور وبنتين."[٤٢] ومن بين كل ما نعرفه، لم يكن ليوناردو أبدا قريبا من أبيه، وهو رجل طموح كان في أغلب الأوقات مهتما بمسار حياته الخاصة. ومع ذلك، فإنه من الغريب أنه لم يضف أي انعكاسات شخصية على تلك الملحوظة في مذكراته الشخصية. وقد تعززت تلك النغمة البعيدة لهذه الملحوظة بواسطة الحقيقة غير العادية أنها لم تكتب بطريقة ليوناردو المعتادة كصورة مرآة، بل بالأحرى كتبت من اليسار إلى اليمين كما لو أنها مسودة لعبارة عامة.

عمل ليوناردو على الرسم الكروكي للوحة الجصية وعلى رسم الجزء الأوسط، "الصراع من أجل المعيار" لمدة ثلاث سنوات، لكن مع أهوال مذابح سيزار بورجيا التي مازالت حية في مخيلته لم تأت لوحة "موقعة أنجياري" كاحتفالية بالمجد العسكري لفلورنسا كما توقع آباء المدينة. وبدلا من ذلك، ستقف اللوحة أمام العالم كله ليراها كشجب واضح لجنون الحرب (Pazzia bestialissima) [٤٣].

وخلال هذه السنوات استمر ليوناردو في دراسة الخصائص الأساسية لسريان الماء. وبعمله هذا تحقق ليوناردو من أن الهندسة الإقليدية غير كافية لوصف أشكال الموجات والدوامات. وحوالي سنة ١٥٠٥ بدأ ليوناردو مذكرة جديدة، معروفة الآن باسم "مخطوطة فورستر I"، بدأها بالكلمات، "كتاب عنوانه "حول التحولات"، أي تحول جسم إلى آخر دون نقصان أو زيادة في المادة".[٤٤] وقد ناقش في أربعين ملف من هذه المذكرات ورسم تنويعات عظيمة من تحولات الأشكال الهندسية من شكل لآخر – أنصاف الدوائر إلى الأهلة، والمكعبات إلى أهرامات، والكرات إلى مكعبات، وغيرها. وكانت هذه الصفحات هي بداية افتتانه الطويل بنوع جديد من الهندسة؛ وهي هندسة الأشكال والتحولات المعروفة اليوم باسم الطوبولوجيا.[٤٥]



شكل ٤-٤ مخطوطة طيران الطيور، ملف 8r، 1505 ، المكتبة الملكية في تورينو

وأثناء السنوات نفسها، واصل ليوناردو بكثافة شديدة مشروعين هندسيين كانا يثيران خياله. كان الأول هو ما فكر فيه دائمًا حول مجرى مائي بين فلورنسا وبيزا؛ وكان الآخر دراسته للآلات الطائرة، والذي تعهده ليوناردو بنشاط متجدد بينما كان يستكشف هندسة التحولات ويرسم مشهد المعركة في بلازو فيتشيو.

وعندما شيد ليوناردو آلات الطيران في ميلانو، واختبرها في ورشته في كورتي فيتشيا، كان اهتمامه الرئيسي أن يكتشف طريقة لكيفية خفق الأجنحة الميكانيكية بواسطة الطائر البشري بقوة وسرعة كافية لضغط الهواء أسفل الجسم ورفعه لأعلى، وقد صمم لهذه الاختبارات أنواعا متنوعة من الأجنحة على نموذج أجنحة الطيور والخفافيش والأسماك الطائرة. والآن، وبعد عشر سنوات استقر على ملاحظات دقيقة ومنهجية لطيران الطيور. وأمضى ساعات في التلال المحيطة بفلورنسا، بالقرب من فايسول، يراقب سلوك طيران الطيور، ويملأ العديد من المذكرات برسومات وتعليقات تحلل مناورات دوران الطيور، ومقدرتها في الحفاظ على توازنها في مهب الريح، والآليات التفصيلية للطيران الفعلي. كان هدفه أن يصمم آلة طائرة قادرة، مثل طائر، على المناورة برشاقة والحفاظ على توازنها في مهب الريح، وتحريك أجنحتها بقوة كافية تسمح لها بالطيران.[٤٦]

لخص ليوناردو ملاحظاته وتحليلاته في مذكرة صغيرة تدعى (codice sul volo dogli uccelli) (مخطوطة حول طيران الطيور). وهي مليئة بالرسومات الرائعة للطيور أثناء تحليقها، وكذلك بتصميمات لآليات معقدة تحاكي حركاتها الدقيقة (انظر شكل ٤-٤). قادته ملاحظاته وتحليلاته إلى النتيجة بأن طيران البشر بأجنحة ميكانيكية ليس ممكنا بسبب الحدود التي يفرضها تشريحنا. كان للطيور التي لاحظها عضلات صدرية قوية تحرك أجنحتها بقوة لا يقدر عليها البشر. لكنه مع ذلك ظن بأن "الطيران التحليقي" أو الانزلاق، قد يكون ممكنا. وقد عاد مرة ثانية إلى أبحاثه حول طيران البشر في آخر أطوار حياته، جامعا بين دراسة الطيران الطبيعي مع الدراسات النظرية للرياح والهواء، في محاولة لدراسة عامة شاملة "علم الرياح".[٤٧]

واصل ليوناردو العمل على لوحة "معركة أنجياري" طوال سنة ١٥٠٥. لأنه بسبب المواد المعيبة، عانت اللوحة (لم يكن من الممكن تثبيت الألوان التي بدأت تختلط مع بعضها)، ولم يكن في مقدوره إصلاح التلف.(٤٨) وفي الوقت نفسه طلب الملك الفرنسي لويس الثاني عشر، الذي كان من أشد المعجبين بالفنان، حضور ليوناردو إلى بلاطه في ميلانو من السينوريا. عارض الفلورنسيون ذلك، دافعين بأنهم قد أنفقوا مبلغا كبيرا من المال لتشييد اللوحة الجصية في قاعة المجلس، ويجب إنهاؤها. استمر الصراع الدبلوماسي عدة شهور، لكن في النهاية اضطر السينوريا للاستسلام. وفي مايو ١٥٠٦ هجر ليوناردو اللوحة الجصية وسافر مرة ثانية إلى ميلانو التي أقام فيها طويلا بصفة مؤقتة.

مرحلة من النضوج

كان ممثل الملك لويس الثاني عشر، في بلاطه بميلانو، نائبه تشارلز دامبوا، الذي عينه لويس حاكما لها. كان تشارلز حاكما قويا، لكنه كان مرحًا ومهتما بشدة بتشجيع الفنون، وكان مثل مليكه من أشد المعجبين بليوناردو، واستقبل الفنان بحرارة في البلاط الفرنسي، وعامله بطريقة ملكية. مُنح ليوناردو مخصصات سخية والتي لم تكن مرتبطة بعمل معين، وكان يستشار في كل المشروعات الفنية والتقنية، وكانت صحبته وخدماته محل إقبال شديد من جانب كل رجال البلاط المهمين. كان ليوناردو سعيدا بالعودة ثانية إلى ميلانو، المدينة التي لقى فيها شهرة عريضة منذ خمسة عشر عاما، وعاد بسهولة إلى أسلوب حياة فنان البلاط ومهندسه التي كان يعرفها جيدًا منذ أيامه في بلاط سفورزا.

ومرة أخرى كانت هناك الكثير من الحفلات التنكرية والمواكب التي طلب منه أن يصمم لها التجهيزات والملابس. وكما فعل من قبل، عمل ليوناردو أيضا

على تحسين أقفال وسدود بعض قنوات لومبارد، ولكي يظهر عرفانه بجميل تشارلز دامبوا، صمم فيلا بحدائق فخمة للحاكم. ووفقا لما وصلنا من مذكرات، فإن تصميماته للحدائق كانت متميزة للغاية، وكانت تحتوي على بساتين عاطرة من البرتقال والليمون، وأقفاص كبيرة مغطاة بشبكة نحاسية لتحافظ داخلها على طيور غريبة، بينما تسمح لها بالطيران الحر، ومروحة دوارة لتعطي نسمة لطيفة في أيام الصيف القائظة، وجدول من المياه الجارية لتبريد النبيذ، وآلات موسيقية ميكانيكية تعمل بالمياه، وأشياء أخرى.[٤٩]

وفي الخامسة والخمسين من عمره، لابد أن مظهر ليوناردو قد اقترب من مظهر الإنسان الأصلي الحكيم في البورتريه الذاتي الشهير في تورينو.[٥٠] وعلى الرغم من أن قوة إبصاره قد ضعفت (كان يضع نظارات على عينيه منذ بضع سنوات)، فإن طاقاته وإبداعه الفني وقوة دفعه الفكرية قد استمرت دون تناقص. كان الفهم والكرم العطوف لتشارلز وامبوا قد أعطى ليوناردو الحرية ليكرس كل الوقت الذي يرغب لدراسته، وتعقب تلك النشاطات في أي اتجاه يرغب فيه. قدمت هذه الحرية غير المسبوقة بالتضافر مع السن الناضج فترة من الانعكاسات المنهجية الواسعة، والمراجعة والتخليق، مما سمح له بوضع رسائل شاملة لعديد من المواضيع التي يفضلها: سريان الماء، وهندسة التحولات، وحركة الجسم البشري، ونمو النباتات، وعلم فن الرسم.

ميزت السنوات الست التي قضاها ليوناردو في البلاط الفرنسي بميلانو فترة نضوج في كل من علمه وفنه. وخلال هذه السنوات طور ليوناردو ونقح ببطء ثلاثًا من لوحاته المتميزة والناضجة: المادونا والطفل مع القديسة آن، وليدا، وأشهر لوحاته الموناليزا. وفي هذه الروائع، أتقن ليوناردو الخصائص التي رسخت تفرده كرسام – الأشكال المتمعجة التي جلبت الحركة والرقة لأشكاله، والابتسامات الناعمة والإيماءات التي عكست "حركات الروح"، والانصهار الرقيق للظلال

المسمى سفوماتو (sfumato)، والذي أصبح مبدأ موحدا في تركيباته. وفي هذه الأعمال الثلاثة كلها استخدم ليوناردو معرفته المستفيضة في الجيولوجيا والنبات والتشريح البشري لاستكشاف غموض قوة الحياة التناسلية، في العالم الكبير وكذلك في جسم الأنثى. وبمواصلة عمله على هذه اللوحات سنة بعد أخرى، حول كل لوحة منها إلى تأمل في أصل الحياة.[٥١]

في سنة ١٥٠٧ التقى ليوناردو بشاب صغير، اسمه فرانشيسكو ميلزي الذي أصبح تلميذه ومساعده الشخصي ورفيقا لا يفارقه. كان ميلزي ابن رجل أرستقراطي من لومباردي، يمتلك إقطاعية كبيرة في فابريو بالقرب من ميلانو. وعندما تقابلا كان فرانشيسكو في الخامسة عشرة، ووفقا لفاساري، كان ولدا جميلاً جدا (a bellissimo fanciullo) والذي أظهر قدرا من الموهبة بوصفه رسامًا لا بأس به. انجذب الصبي المراهق والفنان الأكبر سنا لبعضهما في الحال، وسرعان ما أعلن الصبي لوالديه أنه يرغب في الالتحاق ليكون ضمن أسرة ليوناردو، وذلك بعد لقائهما الأول. كان مثل هذا التطور بالنسبة لعائلة أرستقراطية أمرًا غير عادي بالمرة، إلا أنهما، للغرابة، لم يعترضا، وربما دفعهم لذلك شهرة ليوناردو أو جاذبيته الشخصية، مما جعلهم لا يسمحون فقط لابنهم أن يلتحق به، بل دعوا الأستاذ وحاشيته ليمكثوا في فيلتهم الفسيحة لما يقرب من عامين بعد تركهم ميلانو. ومنذ تلك اللحظة لم يفارق ميلزي أبدا ليوناردو؛ فكان يعتني بكل شئون الأستاذ، ويكتب المدخلات في مذكراته مما يمليه عليه، وكان يمرضه عندما يمرض، وفي النهاية استأمنه ليوناردو على تراثه.

وبالقرب من نهاية ١٥٠٧ توفى عم ليوناردو المحبوب فرانشيسكو، في مدينة فينشي وترك كل ميراثه إلى ابن أخيه المفضل، لكن العائلة بقيادة الابن الأصغر السير بييرو تحدت الوصية، وكان على ليوناردو أن يتوجه إلى فلورنسا ليدافع عن قضيته، اضطر للمكوث هناك لعدة أشهر، إلى أن صدر الحكم في النهاية لصالحه.[٥٢] كان ليوناردو أثناء تلك الأشهر ضيفا على الراعي الفلورنسي

الثري وعالم الرياضيات المتمكن بييرو دي براتشيو مارتيللي، الذي كان في الوقت نفسه يستضيف ويرعى النحات جيوفان فرانشيسكو روستيسي.

ووفقا لفساري كان ليوناردو مولعا بروستيسي، الذي رافقه في التدريب عندما كان في ورشة فيروتشيو. ويخبرنا فساري أن روستيسي لم يكن نحاتا ممتازا فقط، ولكن كان كذلك غريب الأطوار ظريفا يعشق استضافة الولائم الخيالية وإلقاء المزح المتقنة. كان يحتفظ في الاستوديو بمجموعة كبيرة من الحيوانات تتضمن نسرا وغرابا أسود وعددًا من الأفاعي وقنفذا مدربا مثل كلب وكان يحك أشواكه بأرجل الناس تحت المائدة. وكان ليوناردو المحب للحيوانات، والذي هو نفسه معتاد على الحيل الطريفة، قد شعر بالراحة في تلك البيئة غير المتكلفة والمرحة في دار مارتيللي، وساهم بكل سرور في جو التسلية الروحي لروستيسى. ووفقا لفساري، ساعد ليوناردو النحات في وضع مجموعة من نماذج التماثيل البرونزية لبيت معمودية سانت جون في فلورنسا أثناء تلك الفترة.(٥٣)

ومع ذلك كان نشاط ليوناردو الرئيس في منزل مارتيللي ذا طبيعة أكثر جدية بكثير؛ استغل وقت فراغه الوافر ليعيد ترتيب مجموعة مذكراته الضخمة، التي يرجع تاريخها إلى العشرين سنة الماضية. ألقى بنفسه في خضم هذه المهمة الضخمة بطاقة عظيمة، مراجعا بشكل منهجي محتويات كل مذكراته، لكنه سرعان ما أيقن أن إعادة ترتيب المجموعة الكلية كان عملا طموحا أكثر من اللازم؛ ولذلك قرر أن يحدد لنفسه عملا أكثر مقدرة على تنفيذه، جامعا مختارات قليلة لمواضيعه المفضلة – الماء والتشريح وفن الرسم والنبات – والتي سيكتب عنها رسائل مستفيضة. وقد كتب في الصفحة الافتتاحية لمخطوطة جديدة، تعرف الآن باسم مخطوطة آروندل، "بدأت في فلورنسا في منزل بييرو دي براتشيو مارتيللي في الثاني والعشرين من مارس ١٥٠٨، وستكون هذه مجموعة بلا أي ترتيب، مكونة من العديد من الصفحات التي نسختها هنا على أمل وضعها فيما بعد في ترتيب في مكانها الصحيح تبعا للمواضيع

التي تعالجها.(٥٤) وعلى مدى السنوات التالية خطط ليوناردو بنية رسالاته بشيء من التفصيل وبدأ في كتابتها. وربما يكون ليوناردو قد أنهى بعضها، لكن لا توجد رسائل مكتملة ضمن مذكراته الموجودة اليوم.

وبينما كان يراجع مذكراته في منزل مارتيللي في فلورنسا قرر ليوناردو أن التشريح البشري هو مجال يحتاج أن يعيد دراسته بالتفصيل، وخلال السنوات الأربع التالية أجرى المزيد من التشريح أكثر من أي وقت مضى، ووصلت رسوماته التشريحية إلى أقصى درجة من الدقة، وقد خطط لنشر رسالة أساسية في التشريح ووضع خطوطها العريضة بتفصيل كبير. وأثناء الطور الأول لدراساته التشريحية في السنوات العشرين المبكرة، كان معنيا بفسيولوجيا الإبصار، ومسارات الأعصاب، و"موقع الروح". أما الآن فقد أخذ يركز على الموضوع العظيم الذي يتناول حركة الجسم البشري.

وصف ليوناردو بتفاصيل دقيقة كيف يمكن أن يستعرض "في ١٢٠ كتابًا" الأفعال المجمعة للأعصاب والعضلات والأوتار والعظام، في خطوطه العريضة. وقد أعلن وفسر لماذا قد يتطلب ذلك مقاطع عديدة، "إن ترتيبي للجسم البشري سأستعرضه أمامك كما لو كان أمامك إنسان طبيعي".

لابد أن تفهم أن مثل هذه المعرفة لن تدعك مكتفيا بسبب الالتباس العظيم جدا الذي ينتج من اضطراب الأغشية مع الشرايين والأوردة والأعصاب والأوتار والعضلات والعظام والدم..

ولذلك عليك القيام بمقاطع أكثر، تحتاج منها ٣ للمعرفة التامة للأوردة والشرايين، مخربا بكل ما لديك من اجتهاد كل الباقي؛ و ٣ أخرى لتحصل على معرفة الأغشية؛ و٣ للأوتار والعضلات والأربطة؛ و٣ للعظام والغضاريف؛ و ٣ لتشريح العظام والتي لابد من نشرها لاستعراض أيها مجوف، وأيها غير مجوف...

ومن خلال خطتي... سيوضع أمامك ٣ أو ٤ استعراضات لكل جـزء مـن الجوانب المختلفة بطريقة تجعلك تحتفظ بمعرفة حقيقية تامة لما تريـد أن تعرفـه حول الجسم البشري.(٥٥)

ونحن لا نعرف الآن كم من الفصول ١٢٠ (أو الكتب) من رسالة ليونـاردو قد تم تأليفها. فإن الرسومات الفائقة التي نجـت والموجـودة الآن فـي تجمعـات وندسور، تجعل وعوده ليست من المبالغة.

وفي دراساته التشريحية، يقدم ليوناردو وصفا حيا للظروف المرعبة التـي كان يعمل فيها، وحيث لم يكن هناك كيماويات لحفظ الجثث، فقد كانت تبـدأ فـي التحلل قبل أن يجد الوقت الكافي لاختبارها ورسمها بشكل ملائم، وحتـى يتجنـب الاتهام بالهرطقة كان يعمل ليلا، مضيئا حجرة التشريح بالشموع، الأمر الذي جعل تلك الخبرة أكثر رعبا. وقد كتب يقول مخاطبا متدربا افتراضـيا "ربمـا تعوقـك معدتك، وإذا لم يعقك ذلك، فربما يعوقك الخوف من العيش خلال ساعات الليل في صحبة هذه الجثث، المقطعة والمسلوخة والمخيفة في منظرها".

من الواضح أن ليوناردو كان يحتاج لعزيمة صلبة ليتغلب على اشـمئزازه الشخصي، لكنه تحمل وقام بإجراء عمليات التقطيع بأقـصى درجـات الحـرص والانتباه الدقيق للتفاصيل، "فاصلا أدق الأجزاء لكل اللحم" لكشف الأوعية الدمويـة أو العضلات أو العظام إلى أن يصل تحلل الجثة درجة تمنعه من الاستمرار. وقـد شرح قائلاً، "جسد واحد لا يكفيك طوال الوقت، فكان من الضروري التقـدم قلـيلاً فقليلا مستخدما من الجثث أكبر عدد يمكن الحصول عليه للوصول إلـى المعرفـة التامة، وأكرر ذلك مرتين لكي ألاحظ الاختلافات."(٥٦)

وبينما كان لا يزال في فلورنسا ينظر في مذكراته ويخطط في رسالاته، كـان ليوناردو قادرا على إجراء فحص لجثة رجل عجوز قابله بالصدفة بمستشفى سانتا

ماريا نوفا، حيث كان يجري بعض الدراسات التشريحية المبكرة، والذي توفى في حضوره. وقد صار هذا التشريح حجر الزاوية في أعماله التشريحية، وقاده إلى بعض من الاكتشافات الطبية الأكثر أهمية، والقصة نفسها غاية في الأهمية ومثيرة جذا، وهي تبين كيف كان ليوناردو قادرا على إجراء تشريحه الأكثر دقة وتحليلاته العلمية دون أن يفقد بصيرة الكرامة الإنسانية.

أخبرني هذا الرجل العجوز قبل وفاته بساعات قليلة أنه قد تخطى المائة عام، وأنه لم يشعر بأي وعكة بجسمه أكثر من مجرد الهزال. وهكذا وبينما كان جالسا على سرير بمستشفى سانتا ماريا نوفا بفلورنسا، وبدون أي حركة أو إشارة لحادث مزعج، فارق الحياة – وقد قمت بإجراء تشريح له لأرى سبب مثل هذا الموت الهادئ.[٥٧]

وبناء على هذا التشريح، شخص ليوناردو، بذكاء، أن الرجل العجوز قد مات بسبب ازدياد سمك أوعيته الدموية وضيقها، وهي الحالة التي أصبحت تعرف باسم تصلب الشرايين بعد أكثر من ثلاثمائة سنة من اكتشاف ليوناردو لها.[٥٨]

السنوات الأخيرة في ميلانو

ولدى عودته إلى ميلانو، واصل ليوناردو دراساته التشريحية، وقد بدأ كذلك في جمع مذكراته وتعليماته العديدة حول فن الرسم في مجموعة كبيرة، تعرف باسم ليبرو A (وقد فقدت منذ ذلك الحين)؛ ومن هذه المجموعة، جمع فرانشيسكو ميلزي الرسالة الشهيرة (رسالة حول فن الرسم Trattato della pittura) بعد وفاة ليوناردو.[٥٩] ومن بين الموضوعات الكثيرة في تلك الرسالة Trattato، كانت هناك ملاحظات مستفيضة حول أشكال النباتات والأشجار ومظهرها الخارجي، وقد جاءت معظم هذه الملاحظات، والتي أصبحت تعرف باسم علم نبات ليوناردو

للرسامين، في ميلانو خلال السنوات ١٥٠٨-١٥١٢، عندما كرس ليوناردو وقتا كبيرا للتفكير في النباتات ورسمها. وقد استنتج كارلو بيدريتي أن ميلزي لابد أنه قد نسخ الفصول الخاصة بالنباتات في الرسالة Tratto من مخطوطة عن علم النبات كاملة كتبها ليوناردو وفقدت.(٦٠)

وفي الوقت الذي كان منشغلا فيه بمذكراته حول التشريح، وعلم النبات وفن الرسم، وكان يواصل عمله على لوحة ليدا ولوحة موناليزا، طلب أحد جنرالات الملك الرئيسين، مارشال تريفولسيو من ليوناردو أن يصمم له مقبرة وبها تمثال فارس بالحجم الطبيعي.(٦١) وللمرة الثانية وبعد ما يقارب خمس عشرة سنة من هجره لسبك تمثال الفارس il cavallo، باشر ليوناردو دراسة وتصميمًا مستفيضًا لتمثال فارس من البرونز. وقد طور هذا المشروع على مدى ثلاث سنوات، كان يعمل أثناءها في بناء كنيسة صغيرة ملحقة بالمبنى التذكاري لتريفولسيو. ولكن، ومرة أخرى تدخلت عوامل خارجية؛ فسرعان ما سادت الاضطرابات السياسية المدينة، ولم يسبك التمثال البرونزي أبدًا.

وفي ١٥١٠ كان ليوناردو سعيد الحظ بلقاء عالم التشريح العبقري الشاب مارك أنطونيو ديلا توري، الذي تم تعيينه حديثا أستاذا للطب بجامعة بافيا. دخل ليوناردو في مناقشات مستفيضة مع مارك أنطونيو حول التشريح، مثل ما كان يفعل مع لوكا باتشيولي حول الهندسة منذ خمسة عشر عاما. وتماما مثلما عرَّفه باتشيولي على الطبعات اللاتينية لإقليدس، المرجع الإغريقي الأساسي في الهندسة، كذلك فعل ديلا توري الذي عرَّفه على النسخ اللاتينية لجالينوس، المرجع الإغريقي الأساسي حول التشريح والطب.(٦٢)

ولسوء الحظ لم تدم هذه المناقشات طويلا. فقد توفى ديلا توري في السنة التالية بالطاعون في ريفا، حيث ذهب لعلاج ضحايا الوباء، ومع ذلك كان لهذا

التلازم القصير تأثير كبير على فهم ليوناردو للتشريح؛ اتخذت طريقته في التشريح مستوى جديدًا أعلى، ووسع من أبحاثه في مجالات أوسع متضمَّنة في حركة الجسم البشري. وقد قام بتشريح حيوانات متنوعة ليقارنها بالتشريح البشري، وقد بدأ ينقب أعمق في الجسم ليدرس وظائف الأعضاء الداخلية والتنفس وسريان الدم.

وفي تلك الأثناء تغير المشهد السياسي ثانية في إيطاليا، واندلعت الحرب، وقد حقق لويس الثاني عشر المتحالف مع الفاتيكان نصرا باهرا على أهل فيينا في ١٥٠٥، لكن في ١٥١٠ عقد البابا جوليوس الثاني سلاما مع فينيسيا وحرض العديد من حكام أوربا لتكوين عصبة مقدسة من أجل طرد الفرنسيين "البرابرة" من إيطاليا. قاومت القوات الفرنسية لفترة، لكن في ديسمبر ١٥١١ اقتحمت العصبة المقدسة ميلانو مستخدمة مرتزقة سويسريين ليقوموا بالقتال، وطرد الفرنسيين، وتنصيب ماكسميليانو سفورزا ظاهريا، وهو الابن الشاب للودوفيكو، على العرش الدوقي الذي كان يشغله أبوه.

وعندما وجد ليوناردو نفسه مرة ثانية غير مرغوب فيه في المدينة التي عاملته بشكل جيد، خلد إلى مقاطعة ميلزي في فابريو على نهر آدا، والتي تقع على بعد حوالي عشرين ميلا. وبفضل كرم أسرة ميلزي، مكث هو وحاشيته هناك في راحة تامة لما يقارب السنتين. وبينما واصلت الكوكبة السياسية في إيطاليا في التغيير، عكف ليوناردو في هدوء على أبحاثه، وتشريح الحيوانات، ودراسة المياه الهائجة في نهر آدا، وإنجاز سلسلة من رسومات متقنة بشكل صغير للمناطق المحيطة. وقد أجرى كذلك دراسات مستفيضة في علم النبات في الحدائق الشاسعة بالمقاطعة والأماكن المحيطة. وفي مقابل كرم العائلة، قدم ليوناردو تصميمات فاخرة لتوسيع فيلا ميلزي، ولتخطيط الحدائق، وقد تم تنفيذ البعض منها في سنوات لاحقة.[٦٣]

الإحباط في روما

وعلى الرغم من أن ليوناردو كان ينعم بالراحة في فابريو، فإنه من الواضح أنه لن يستطيع البقاء هناك للأبد، وإن عاجلا أو آجلا كان لابد أن يجد راعيا آخر يقدم له الدعم المالي لنفسه ولحاشيته ولمواصلة أبحاثه العلمية، ولحسن الحظ سرعان ما لاحت مثل هذه الفرصة. توفى البابا جوليوس الثاني في فبراير ١٥١٣ في روما، وتم انتخاب جيوفاني دي ميديتشى، الابن الأصغر للورنسو العظيم، إلى البابوية واتخذ الاسم ليو العاشر. وأصبح أخوه جويليانو قائد قوات البابا. وبدعم من البابا وقائد قواته أصبحت أسرة ميديتشي بعد غيبة حوالي عشرين سنة، قادرة على ترسيخ أقدامها حكاما لفلورنسا.

وبعد اعتلاء أخيه سدة البابوية مباشرة، دعا جويليانو دي ميديتشى ليوناردو إلى البلاط البابوي في روما، وعلى الأرجح التقى الاثنان في البلاط بميلانو، وكان جويليانو على دراية تامة بسمعة ليوناردو بوصفه مهندسًا عسكريا، كما كان جويليانو دي ميديتشى كذلك تلميذا شغوفا للفلسفة الطبيعية. لم يكن ليوناردو ليطمع في راع أكثر سلطة وعطفا، وعندما وعى كان سعيدًا جدًا عند الالتحاق بالبلاط البابوي.

في سبتمبر ١٥١٣ شرع ليوناردو في الرحلة إلى روما يصحبه العديد من تلاميذه، بمن فيهم فرانشيسكو ميلزي ومعهم العديد من صناديق الثياب وصناديق تحتوي على ممتلكاته الشخصية – مواد الرسم الخاصة به، وربما بعض الأدوات والأجهزة العلمية، ومذكراته الضخمة، والعديد من اللوحات الموجودة في مراحل مختلفة من الاكتمال، من بينها لوحة ليدا ولوحة مونا ليزا، ولوحة القديسة آن. وبعد السفر لعدة أسابيع وصل الركب إلى روما في نوفمبر أو ديسمبر.

أعد جويليانو دي ميديتشي مكانًا فسيحًا في بلفدير، عبارة عن فـيلا فخمـة بالقرب من قصر البابا في الفاتيكان. كان جناح ليوناردو يحتوي على عدة غـرف للنوم ومطبخ واستوديو كبير وورشة حيث كان يمكنه الرسم وإجـراء التجـارب، وكان يلقى معاملة راقية ومحترمة، وكان يقدم له كل ما يحتاجه، بمـا فـي ذلـك مخصصات منتظمة، دون أي واجبات محددة. ومع ذلك، لم يكن ذلك وقتا سـعيدا بالنسبة لليوناردو.

أصبح ليوناردو رجلا عجوزا في الواحد والستين من العمر، كانـت ذقنـه الطويلة بيضاء وضعف بصره، وعلى الرغم من أنه كان محترما – بـل وحتـى موقرا – كرجل حكيم عظيم، فإنه لم يعد بعد فنانا متابعا للعصر، وقد غطى علـى سمعته كفنان، المنافسون الأصغر سنا مثل مايكل أنجلو ورفائيل اللذين كانا في أوج شهرتهما. وقد قام الاثنان برسم لوحات جصية رائعة بالفاتيكان – مايكل أنجلو في كنيسة سيستين، ورفائيل فيما يسمى ستانز (الحجرات)، أمـاكن الإقامـة الخاصـة بالبابا جوليوس الثاني. اجتذب البابا الجديد ليو العاشر مجموعة من الفنانين الشباب إلى روما ومنحهم عمولات سخية، ولم يمنح أيًا منها إلى الأستاذ العجوز القادم من فلورنسا، وعلى الرغم من أن ليوناردو كان يعيش مرة أخرى في راحة تامة فـي البلاط، فإنه لم يعد مركز اهتمام البلاط، شعر بالوحدة والإحباط، وفي هذه الفتـرة من عدم التيقن وعدم الرضا، قام برسم البورتريه الذاتي الشهير.[٦٤]

ومع ذلك، واصل ليوناردو دراساته العلمية بطاقة لم تنقص. وقـد أصـبح مشغولا في عدة مشروعات خلال الثلاثين سنة الماضية، وأصـبح العمـل بهـذه الطريقة جزءًا من طبيعته، وقد يكون سنه قد أبطأ من سرعته، لكن من المؤكد أنه لم يقيد أو يقلل من عملياته الذهنية. وبعد استقراره في منزله الجديد بدأ في دراسـة مستفيضة لعلم النبات في الحدائق الفخمة في بلفدير. واصل ليوناردو فحص هندسة التحولات واختبارها، وصمم مرآة كبيرة على شكل قطع مكافئ لاقتنـاص الطاقـة الشمسية لغلي الماء، والتي كان يعتقد أنها قد تكون نافعة لصباغي النـسيج. وقـد اخترع الآلة التي تصنع الحبال، واخترع طاحونة دوارة لإنتاج شرائط الفلزات التي يمكن صك العملة منها.[٦٥]

كما واصل تشريحه، على الأرجح، في مستشفى سانت سبيريتو، التي كانت مجاورة مباشرة للفاتيكان، وقد ميزت هذه التشريحات الطور الأخير لأبحاثه في التشريح والتي ركز فيها على عمليات التكاثر وتطور الأجنة، وقد تضمنت دراسات ليوناردو تخمينات في غاية الأصالة حول أصل العمليات المعرفية في الأجنة، أو بمصطلحاته الخاصة، روح الجنين.(٦٦) ولسوء الحظ فإن تلك التخمينات كانت تتعارض مع عقيدة الكنيسة الرسمية حول الطبيعة الإلهية للروح البشرية، ولذا كانت تعد هرطقة من قبل البابا ليو العاشر؛ ونتيجة لذلك تم فرض حظر على ليوناردو من إجراء المزيد من التشريح والتقطيع للبشر.(٦٧)

وهكذا، وبالإضافة إلى تواريه كفنان، فقد وجد ليوناردو نفسه ممنوعا من مواصلة بحثه في علم الأجنة، وهو أكثر أعماله التشريحية تقدما، وربما يكون قد عانى من مرض في ١٥١٤ (٦٨). وعلى أية حال، استسلم ليوناردو إلى أفكار مرضية وأخذ يملأ مذكراته بروايات من سفر الرؤيا بالكتاب المقدس عن الفيضانات وكوارث مرعبة أخرى، ومع ذلك، لم تكن الكتابة ببساطة عن العواصف والفيضانات كافية بالنسبة لليوناردو، كان عليه كذلك أن يرسمها ويحللها علميًا. كانت النتيجة سلسلة من عشرات الرسومات المتميزة المرسومة بالطباشير الأسود الداكن والمعروفة باسم "رسوم الطوفان" والموجودة الآن كجزء من المجموعة الملكية بحصن وندسور، ومصحوبة بالرواية القوية لليوناردو عن رؤيته لسفر الرؤيا. والرواية تذكار قوي لوصف ليوناردو لكيفية رسمه لمعركة، والتي رسمها منذ عشرين سنة.(٦٩) وعلى مدى صفحات طويلة مليئة بالفزع والدراما والعنف، كانت هناك مقاطع غاية في العاطفية منتشرة مع مقاطع تحليلية منفصلة، مع وصف دقيق لشلالات وتيارات مياه وهواء، وتعليمات مفصلة عن كيفية رسم التأثيرات البصرية التي تولدها سحب العاصفة والمطر المتساقط. والانطباع الطاغي الذي أثارته رواية ليوناردو هو القنوط من عقم وهزال البشر في مواجهة القوى الكارثية للطوفان، ويكتب في أحد المقاطع:



شكل (٤-٥) دراسة الطوفان، حوالي ١٥١٥، مجموعة وندسور، دراسات المشهد والنباتات والماء، ملف

. 59r

سيرى المرء الهواء الكئيب الداكن يتجاذبه اندفاع الرياح المختلفة والعاصفة، والمختلطة بقوة الأمطار المتواصلة والتي تحمل عددا عشوائيًا غير محدود من الأغصان منزوعة من الأشجار ومتشابكة مع عدد لا يحصى من أوراق الخريف. وسيرى الأشجار القديمة منزوعة من جذورها وقد قطعت إلى أجزاء بفعل عنف الرياح .... أوه كم من الناس سيرى وهم يصمون آذانهم بأيديهم ليمنعوا الأصوات المزعجة الهائلة التي يصنعها الهواء الداكن من هدير الرياح ... وآخرين بإيماءات من اليأس، قضوا على حياتهم يائسين من قدرتهم على تحمل مثل هذا العذاب؛ والبعض منهم يلقون بأنفسهم من فوق الصخور، بينما يشنق البعض الآخر نفسه بأيديهم...[٧٠]

كانت الرسوم التي تصور روايته من سفر الرؤيا داكنة وعنيفة وخطرة ومزعجة، إلا أنها كانت دقيقة بشكل مذهل في إبرازها لثورة الماء والهواء، وخلال حياته كلها، درس ليوناردو بعناية أشكال الموجات والدوامات ومساقط المياه وتيارات الهواء. وهنا، وفي هذا العمر المتقدم لخص ليوناردو معرفته بالاضطرابات. وبجانب قوتها العاطفية التعبيرية، يمكن رؤية رسومات الطوفان كأشكال رياضية متقدمة ممثلة كتالوجا بصريا للسريانات الدوامية التي لا تبدو غير مناسبة في الكتب المرجعية الحديثة حول ديناميكا الموائع (انظر شكل ٤-٥)

وفي روما، أنهى ليوناردو روائعه الثلاثة التي أحضرها معه من ميلانو: سانت آن، والموناليزا، وليدا.[٧١] ورسم لوحة القديس يوحنا المعمدان، وهي آخر أعماله وأكثرها إثارة للأقاويل، ومثل كل لوحات ليوناردو العظيمة، كانت لوحة "القديس يوحنا المعمدان" متفردة من عدة نواحٍ، ومجردا من كل الرمزية الدينية، لم

يكن القديس الطفل التقليدي ولا ناسك الصحراء، لكنه بدا شابا ذا وجه مشرق وصدر عار يظهر جمالاً مغرسًا، وشهوانيًا، وليس غريبا أن هذه اللوحة كثيرا ما كانت ترى على أنها متعارضة، وأحيانا ترى على أنها كفر.

ومن وجهة النظر الفنية، توضح الصورة العديد من إسهامات الرسام الأصلية لفن عصر النهضة – الاستخدام الدرامي للضوء والظل لجعل الجسم يبرز على خلفية داكنة صارخة، بحركة لولبية رقيقة ومربكة للجسم، والاستخدام الكامل للسفوماتو، ليعطي إحساسا بالغموض المنتشر. لكن، وكما يدعو ذلك دافيد أراسي(٧٢)، منشور علم فن الرسم عند ليوناردو يذهب أبعد من أن يكون مجرد إنجازات تقنية، ومنذ حوالي عشر سنوات قبل ذلك، كتب ليوناردو مقطعا شهيرا في "رسالة عن فن الرسم" حول مقدرة الفنان أن يثير المشاهد ليحب:

> يغوي الفنان... أرواح الرجال ليقعوا في الحب وليحبوا رسما لا يمثل امرأة حية. وقد حدث أنني رسمت صورة لموضوع ديني، واشتراها محب أراد إزالة الأسباب الإلهية منها حتى يمكنه تقبيلها دون الشعور بالجرم؛ لكن في النهاية سيتغلب وعيه على تنهداته ورغباته، وعليه أن ينزع الصورة من منزله.(٧٣)

ويستعرض ليوناردو في لوحة "القديس يوحنا المعمدان" هذه المقدرة في إثارة المشاهد مرة ثانية. ولم يكن الموضوع هذه المرة امرأة، بل رجل شاب ملائكي وغامض وشهواني. وتقدم الابتسامة الفاتنة والإيماءة الغامضة – يشير إصبع السبابة تجاه السماء – بجذب المشاهدين بمغناطيسية عاطفية وجدها الكثير أنها مزعجة، من المحتمل لطبيعتها الخنثوية (ثنائية الجنس)، ومع ذلك، فهي أيضا خلابة ومثيرة تماما، وكونه قد احتفظ بمشاعره الجنسية الشخصية لنفسه طوال حياته، فإن ليوناردو قد بدا لي في النهاية أنه يعلن عن نفسه للعالم في لوحته الأخيرة. إن لوحة "القديس يوحنا المعمدان" هي عبقريته الشخصية وتتضمن رغبته، والتي تكشفت كلية في جمالها الخنثوي المسكون، والرقة والسمو.

الرحلات الأخيرة

خلال سنواته في روما، كان راعي ليوناردو جوليانو دي ميديتشي والأعضاء الآخرون من عائلة ميديتشي يستشيرون ليوناردو حول مشاريع متنوعة في العمارة والهندسة، والتي تضمنت القيام برحلات إلى سيفيتا فيتشيا، ميناء روما، وكذلك القيام برحلات أطول إلى بارما، وبياتسنزا، وفلورنسا، وميلانو. وكان أمرا يقترب من الإعجاز أن يكون قادرًا على القيام بهذا العذر من السفر في سنه المتقدم، عندما كانت مثل هذه الرحلات مضنية وطويلة، بالإضافة إلى مواصلته لدراساته البحثية المستفيضة ورسم اللوحات.

وبينما كان ليوناردو يقوم بوضع اللمسات الأخيرة على لوحاته بصبر مستخدما الزيت والفرشاة ليضيف اللمعان السحري للوحته الأخيرة، تدخلت الأحداث السياسية مرة أخرى في حياته، مغيرة إياها بشكل حاسم. وفي يناير ١٥١٥ توفى الملك الفرنسي لويس الثاني عشر، وخلفه ابن عمه فرانسوا الأول، تطلع الملك الشاب الذي لم يبلغ العشرين من عمره بعد عندما اعتلى العرش، لأن يكون محاربا نبيلا في قالب الفروسية الفرنسية، وقد ذهب إلى المعركة في الصفوف الأولى من قواته. ومع ذلك كان محبا للشعر والأدب الكلاسيكي والفلسفة، وكذلك الموسيقى والرقص ومسرات البلاط الأخرى.

عبر فرانسوا الألب بقواته مباشرة بعد تتويجه ملكا ليعيد قهر لومبارديا. أزاح الجيش الفرنسي القوات الإيطالية والمرتزقة السويسريين جانبا، وفي يوليو أسر فرانسوا الأول ماكسيميليانو سفورزا ودخل ميلانو منتصرا. وفي إشارة بشهامة، لم يرم ماكسيميليانو في السجن، بل رحب به في بلاطه كابن عم.[٧٤] وفي البداية كان البابا متحالفا مع أهل ميلانو في محاربة القوات الفرنسية، لكن عندما أصبح فرانسوا منتصرا، تحقق من قوة الملك الجديد واقترح محادثات للسلام، والتي انعقدت ببولونيا في أكتوبر.

ربما يكون من المحتمل أن ليوناردو قد رافق البابا ليو العاشر إلى بولونيا، على الرغم من عدم وجود توثيق واضح لوجوده ضمن البلاط البابوي، وإذا كان قد قام بهذه الرحلة، فإنه من المحتم أن يكون قد قابل الملك الشاب؛ وسرعان ما أصبح فرانسوا آخر رعاته وأكرمهم. وما نعرفه من السجلات التاريخية هو أن جيوليانو دي ميديتشي قد طلب من ليوناردو أن يصنع تسلية غير عادية لذلك الحدث، ومع أنه لم يكن لدى ليوناردو سوى القليل من الوقت للقيام بهذا المشروع، فإنه أنتج قطعة فريدة من الفن والتقنية – أسد ميكانيكي. وكما يصفه فاساري، "بعد أن يقوم [الأسد] ببضع خطوات، يفتح صدره ليكشف عن مجموعة من زهور الليلك".

كان الأسد المزود باليايات ونظام من العجلات، قطعة فنية من براعة ليوناردو المسرحية، وكانت رمزيته مثالية لمحادثات السلام التي كانت تدور بين الملك الفرنسي والبابا. كان الأسد يشير إلى اسم البابا ليو؛ وزهرات الليلك المرتبة بأسلوب معين، كانت رمزا للملكية الفرنسية، وكذلك لفلورنسا. وبإظهار الأسد للزهور في قلبه، فإن أسد ليوناردو يقدم، بافتخار كبير، رمزا قويا للاتحاد بين فرنسا وفلورنسا، وبين الملك الفرنسي والبابا الميديتشي، وقد ترك الأسد الآلي الذي اختفى منذ تلك اللحظة، انطباعا قويا على رجال الدولة المجتمعين، وقد تمت الإشارة إليه مرات عديدة بحماس كبير بواسطة المعلقين حتى بعد مئات السنين.(٧٥) كان فرنسوا الأول مفتونا وسعيدًا بأسد ليوناردو الميكانيكي، ولو كان الفنان موجودا بالفعل في الحفل، ربما كان الملك قد قدم له شخصيًا وظيفة (الرسام الملكي) في بلاطه بفرنسا. وعلى أية حال، تم العرض، لكن ليوناردو لم يقبل عرض الملك في الحال، ومع ذلك، وبعد وفاة جيوليانو دي ميديتشي بشهور قليلة، لم يتردد بعد ذلك في قبوله، وكان يعرف أنه لم يتمكن من إيجاد راع أكثر كرما وتفهما من الحاكم الفرنسي الشاب.

وفي وقت ما قرب نهاية ١٥١٦، رتب ليوناردو كل أموره، واستعد للتحرك عبر جبال الألب؛ عبأ صناديقه بكل ما يمتلك، بما في ذلك كل مذكراته وكل اللوحات الرائعة التي تم الانتهاء منها، موقنا أنه من المرجح ألا يعود إلى موطنه الأصلي. شرع في القيام بهذه الرحلة الطويلة على ظهر الجياد مع المخلص ميلزي وزوج من الخدم، وكانت صناديق ملابسه ومعداته محمولة على ظهر عدد من البغال. اتخذت القافلة الطريق المعتاد من روما شمالاً إلى فلورنسا وميلانو، وهي المدن التي قضى فيها ليوناردو معظم حياته. توجه المسافرون بعد ميلانو إلى تورينو ثم عبروا جبال الألب إلى جرينوبولو، ووصلوا إلى وادي الرون في ليون، ومن المحتمل أنهم توجهوا غربا من هناك إلى أن وصلوا إلى نهر تشير وساروا بحذائه إلى أن وصلوا إلى لوار، وانتهوا عند أمبوا بالقرب من تورز، وهي رحلة استغرقت ثلاثة أشهر.[٧٦]

الفيلسوف والملك

خلال القرن الخامس عشر والسادس عشر، جذب المناخ المعتدل والجمال الطبيعي لوادي لوار أجيالاً متتابعة من الملوك والنبلاء الفرنسيين، الذين شيدوا قلاعًا فخمة وأبعديات أنيقة على طوال النهر، كان قصر شاتو دامبوا مقر الملوك والملكات الفرنسيين لأكثر من ١٥٠ سنة، وقد أمضى فرانسوا الأول طفولته وشبابه هناك، واستخدمه كمقر أساسي لإقامته.

استقبل الملك ليوناردو في أمبوا بكرم غير محدود، وأسكن الفنان وحاشيته في مزرعة كلوا الفسيحة والمعروفة اليوم باسم كلوز-لوسى، الملاصقة للقصر، كان بيت المزرعة حجرات مريحة ذات أسقف على شكل قباب، متضمنا استوديو ومكتبة وحجرة جلوس والعديد من حجرات النوم، وقد تضمنت الضيعة حدائق أنيقة ومزرعة كروم ومروج وأشجار، ومجرى مائي لصيد السمك.[٧٧] كان البستاني بالمزرعة إيطاليا، وكذلك كان كثير من أعضاء البلاط، مما سمح لليوناردو بالتحدث بلغته الأصلية.

وقد منح فرانسوا كذلك ضيفه الشهير مرتبا سخيا، وفي المقابل لم يطلب من ضيفه إلا التمتع بصحبته، والتي استمتع بها تقريبا كل يوم، وكان هناك نفق سرى تحت الأرض بين المزرعة في كلوا والحصن الملكي، الذي كان يسمح للملك بزيارة ليوناردو بسهولة من أجل مناقشات طويلة، كلما رغب في ذلك "وتماما مثل الإسكندر الأكبر، وهو ملك محارب شاب آخر، الذي تعلم على يدي أرسطو، الفيلسوف العظيم في العصور القديمة، كذلك تعلم فرانسوا الآن على يد ليوناردو دافينشي؛ الحكيم العبقري العظيم لعصر النهضة، ولم يمل الملك أبدا من سماع ليوناردو وهو يشرح له دقة علمه عن الأشكال الحية – تعقيدات اضطرابات الماء والهواء، وتكون الصخور، وأصل الحفريات، وتعقيدات الحركة البشرية، وطيران الطيور، وطبيعة الضوء والمنظور، وقوانين الجمال والتناسب، ومسارات الأحاسيس والأرواح الحية التي تدعم حياتنا، وأصل الإرادة والقوة البشرية في موقع الروح.

اعتبر الملك محادثاته مع ليوناردو ذخرا، كما علمنا من أول من ذكر ذلك كشاهد عيان، الصائغ الفلورنسي، بنفينوتو سيلليني، الذي عمل ببلاط فرانسوا الأول لمدة عشرين سنة بعد وفاة ليوناردو. كتب سيلليني يقول:

> إنني لا أستطيع مقاومة تكرار الكلمات التي سمعت الملك يقولها عنه في حضور كاردينال فيرارا وكاردينال لورين وكاردينال نافاري؛ فقد قال إنه لا يعتقد أنه قد وُلد إنسان يعرف قدر ما يعرفه ليوناردو، ليس فقط في محيط فن الرسم والنحت والعمارة بل هو فيلسوف عظيم أيضا.(٧٨)

ليوناردو الذي اشتهر دائمًا على أنه فنان ومهندس، كان أيضًا مُقدرا بعمق ومعترفا به من جانب ملك فرنسا على منجزاته الفكرية بوصفه فيلسوفًا، أو كما نقول هذه الأيام عالم.

وإحدى الوثائق القليلة حول السنوات الأخيرة لليوناردو في أمبوا هي يوميات سفر أنطونيو دي بياتس، سكرتير كاردينال أراجون، الذي زار الفنان بمصاحبة الكاردينال في أكتوبر ١٥١٧. كتب بياتس أن ليوناردو يبدو "أكبر من ٧٠ سنة" (وكان في الواقع ٦٥ سنة) وأنه لا يستطيع الآن أن يعمل بالألوان، "لأنه كان مشلول اليد اليمنى"، لكنه مازال قادرا على الرسم يساعده أحد تلاميذه (بلا شك كان فرانشيسكو ميلزي) الذي "عمل بشكل ممتاز" تحت إشراف الأستاذ.[٧٩] يظن مؤرخو الفنون أن شلل ليوناردو ربما كان نتيجة سكتة دماغية، فإن ذلك لم يمنعه من الكتابة والرسم، والذي كان يقوم به مستخدما يده اليسرى، لكنها قد أثرت على فرق بسيط جدًا في رسم اللوحات التي كان مشهورا بها، والتي كانت تتطلب حرية حركة كل من الذراعين. وبالنسبة لليوناردو، لابد أن هذه الإعاقة، وتزامنها مع ضعف إبصاره، سببت له إحباطا شديدًا.

ذكر بياتس أن ليوناردو قد عرض على الكاردينال ثلاث لوحات رائعة – "بورتريه لسيدة فلورنسية معينة" (الموناليزا)، و"القديس يوحنا المعمدان" و "المادونا والطفل وسانت آن". كان الكاردينال وسكرتيره مذهولين برسوم ليوناردو التشريحية وكذلك بكتاباته حول الموضوعات الأخرى.[٨٠] ثم أضاف:

"كل هذه الكتب، المكتوبة بالإيطالية، ستكون مصدرًا للبهجة والربح عندما تظهر".[٨١] ويترك ذلك المرء تحت انطباع أن ليوناردو قد ناقش مع الكاردينال خططه لنشر تلك المذكرات.

وبالتأكيد، أمضى ليوناردو معظم الوقت المكرس للعمل في مقاطعة كلو، معيدًا ترتيب مذكراته بشكل منهجي، وكان ذلك على الأغلب في ضوء نشرها مستقبلا. ورغم صحته المعتلة، فإنه قام بذلك بحيوية حماسية وفكرية، مخططا لستة رسائل جديدة أو مخاطبات على الأقل.[٨٢] ويتضح من العناوين التي سجلها أنه كان يراجع أعمال حياته الكلية – علومه حول "جودة الأشكال"[٨٣] – محاولا تلخيصها في بضع رسائل ممثلة.

بدأ ليوناردو قائمته "برسالة فن الرسم" التي خطط لها، وكذلك "برسالة عن الضوء والظل"، وقرر أن يطرح على الأقل من ناحية المبدأ الأسس الرياضية لعلومه، وليفعل ذلك خطط أن يكتب رسالتين رياضيتين: الأولى "كتاب في المنظور" والذي يتناول قوانين المنظور والبصريات الهندسية التي يجب إجادتها حتى نفهم الإبصار، تمثيل الأشياء الجامدة ووظيفة الضوء والظل، أما الثاني، "رسالة عن الكمية المستمرة" بمصاحبة مجلد مرافق عنوانه "حول لعبة الهندسة De ludo geometrico" الذي يناقش هندسة التحولات، والتي اعتبرها ليوناردو الرياضيات المناسبة لوصف نوعية الأشكال الحية.[٨٤] وقد استكشف هذا النوع الجديد من الهندسة لفترة تزيد على العشر سنوات، واستمر في ذلك وهو في مقاطعة كلو. وفيما يخص التشريح، اقترح ليوناردو أن يكتب "رسالة عن الأعصاب والعضلات والأوتار والأغشية والأربطة"، وكذلك "كتاب خاص عن العضلات وحركة الأطراف". وكان لهذين الكتابين معا أن يمثلا المعالجة المحددة للمؤلف حول الجسم البشري أثناء الحركة.

وحيث إن المؤرخين لا يعرفون عدد الرسائل التي كانت تحتويها مذكرات ليوناردو المفقودة، من الصعب أن نحكم على المدى الذي خطط له في كلو والذي كان سيسمح له بنشر أبحاثه العلمية التي أجراها طول حياته كمجموعة متكاملة من المعرفة. ومع ذلك، من الواضح أن الرسائل التي اقترحها ومعها تلك التي كانت متقدمة ومحفوظة، كانت ستذهب بعيدا في اتجاه الوصول لمثل هذا الهدف، وفي ذهن ليوناردو، كان علمه حول الأشكال الحية كلاً متكاملاً بالتأكيد، وقرب نهاية حياته، لم تعد مشاكله مفاهيمية بعد ذلك؛ كانت ببساطة تحديدات من الزمن والطاقة، وكما كتب قبل وفاته بعدة سنوات،"لم يعقني الشح والإهمال، بل هو الزمن فقط".[٨٥] ومع ذلك لم يستسلم ليوناردو أبدًا، وكتب في يونيو ١٥١٨ ما قد يكون آخر مدخل تناوله في مذكراته: "إنني سأستمر".[٨٦]

وأثناء وجوده في أمبوا، قدم ليوناردو المشورة كذلك للملك حول عدة مشروعات معمارية وهندسية، والتي أنعش فيها مفهومه عن المباني والمدن "كنظم مفتوحة" (إذا استخدمنا مصطلحنا الحديث)، والتي يحتاج فيها الناس والبضائع المادية والطعام والماء والفضلات أن تتحرك وتنساب بسهولة ليظل النظام في حالة صحية.[٨٧] وقد قدم تصميمات لإعادة بناء القصر الملكي متضمنة دورات مياه متصلة بقنوات طرد الفضلات داخل الجدران، وممرات للتهوية ترتفع إلى أعلى حتى السقف.[٨٨] وفي ديسمبر ١٥١٧ صاحب الملك إلى رومورانتين التي تبعد حوالي خمسين ميلا من أمبوا، حيث أراد فرانسوا الأول أن يبني فيها عاصمة جديدة ومقرا ملكيا. مكث ليوناردو في رومورانتين عدة أسابيع يعمل على مخططات لقصر فخم، ولمدينة "صحية" مثالية مؤسسة على التصميمات الثورية التي طورها في ميلانو منذ أكثر من ثلاثين سنة قبل ذلك.[٨٩]

ومثل أغلب بلاطات عصر النهضة، كان بلاط فرانسوا الأول يشبع رغباته بإقامة الحفلات السخية والاستعراضات المبهرة، وربما كانت أكثر من البلاطات الأخرى في هذا الشأن بسبب الطبيعة النشطة والمرحة لملكها الشاب. ساهم ليوناردو في هذه الاحتفاليات، بإقامة احتفاليات استعراضية كبرى، وتصميم ملابس وشعارات ملكية، مظهرا مقدرته السحرية على المسرح بشكل من الغرور. ولكي يقوم بذلك كان عليه أن يستعيد المخزون الكبير لتصميماته وابتكاراته التي صنعها خلال سنواته ببلاط سفورزا، وقد تضمن ذلك المخزون أكثر إبداعاته شهرة "حفلة الكواكب التنكرية" والتي جرت في أمبوا بإنتاج جديد في مايو ١٥١٨.

ولكن في خضم الابتهاج والأبهة استمرت قوى ليوناردو الجسدية في التدهور، فإن محادثاته مع الملك قد استمرت، ولا كان منزعجا بأفكاره التأملية حول اقتراب الموت. وقد كتب منذ ثلاثين سنة قبل ذلك، "بالضبط كان يمضي الإنسان يوما طيبا بجلب له ذلك نوما هانئا، وكذلك حياة حافلة بالعمل تجلب الموت السعيد".[٩٠] وفي أبريل ١٥١٩، بعد عيد ميلاده السابع والستين بوقت قصير، ذهب

ليوناردو إلى موثق وسجل بكل عناية وصيته الأخيرة وشهادته، وقد وضع بتفاصيل كبيرة الترتيبات المألوفة لدفنه، تاركا مدخراته في حسابه في سانتا ماريا نوفا لأخيه غير الشقيق، وترك تركات متنوعة لخدمه.[٩١] وبالنسبة لفرانشسكو ميلزي، والذي عينه قيما على تركته، فقد ترك له كل ممتلكاته الشخصية وكذلك كل ميراثه الفني والفكري بما في ذلك لوحاته والمجموعة الكاملة لمذكراته.

وبعد أن أكمل وصيته بأيام قليلة، في ٢ مايو ١٥١٩ توفى ليوناردو دافينشي في مقاطعة كلو – ووفقا لما يروى، فإنه توفى بين يدي ملك فرنسا.

مصير المذكرات

مكث فرانشيسكو ميلزي في أمبوا بعد وفاة ليوناردو لعدة أشهر لينهي كل متعلقات ليوناردو، أخطر أولا عائلة ليوناردو، وأرسل عزاءه لهم في خطاب حار:

> لقد كان أفضل الآباء بالنسبة لي، والأسى الذي شعرت به عند وفاته، يبدو من المستحيل أن أعبر عنه. وطالما ظل هناك نفس في جسدي، سأظل أشعر بالحزن الأبدي الذي أحدثه سبب حقيقي، لأنه كان يمنحني كل يوم دليلاً على وجدان عاطفي متحمس. ولابد لكل منا أن يرثي فقدان رجل تقف الطبيعة عاجزة عن إنجاب مثيله.[٩٢]

وقبل عودته إلى ميلانو، عهد ميلزي إلى الملك بلوحات أستاذه التي أحضرها إلى فرنسا؛ وظلت هناك لتنتهي أخيرا في اللوفر. وعلى النقيض من ذلك، تبعثرت المذكرات في كل أنحاء أوربا؛ تم تفكيك بعضها وتقطيعها إلى أجزاء اعتباطية ثم أعيد تجميعها في مجموعات مختلفة، وفي هذه العملية، وعلى مدار القرون اختفى أكثر من نصف المخطوطات. وبعثرة مذكرات ليوناردو أمر معقد

ومحبط، ومثل سيرته الذاتية، تم توثيقها بواسطة العلماء حديثا جدًا فقط، بقسط كبير من العمل البوليسي.[٩٣]

عندما عاد ميلزي إلى لومبارديا، أفرد غرفة خاصة في فيلته في فابريو لعرض مذكرات أستاذه، وعلى مدار السنوات عرضها على الزوار مفتخرا، بمن فيهم فاساري وجيوفاني لومازو وهما من الفنانين والكتاب. استوظف فرانشيسكو اثنين من النساخين لمساعدته في تصنيف مذكرات ليوناردو وتصنيف مجموعة المخطوطات المعروفة اليوم باسم (رسالة حول فن الرسم Trattato della pittura). وعلى الرغم من أن العمل لم يكن مكتملا، فإن دوق أوربينو قد اقتناه، ثم انتقل بعد ذلك إلى الفاتيكان حيث تم تصنيفه كوديكس أوربيناس، ونشر في النهاية في ١٦٥١.

وبعد وفاة ميلزي في ١٥٧٠، كدس ابنه أورازيو، الذي لم يشارك أباه في توقير ليوناردو العظيم، بإهمال المذكرات في عدة صناديق ووضعها في مخزن أعلى الفيلا. وعندما صار معروفا أن مجموعات من رسومات ليوناردو الجميلة يمكن بسهولة الحصول عليها من أورازيو، ظهر فجأة صيادو التحف في مقاطعة فابريو حيث سمح لهم بأخذ كل ما يرغبون فيه. وقد حصل بومبيو ليوني من أريزو، النحات ببلاط مدريد،على ما يقرب من خمسين مجلدا بالإضافة إلى حوالي ألفي صفحة مفردة، أخذها كلها إلى أسبانيا في ١٥٩٠. وهكذا وعلى مفرق القرنين السادس عشر والسابع عشر كان لدى إسبانيا أكبر تركيز من كتابات ورسوم ليوناردو.

صنف ليوني وأعاد ترتيب المخطوطات وفقا لذوقه الخاص، مقطعا إياها، ومتخلصا مما تصور أنه غير مهم، ومجمعا ما كان يروق له في ملفات كبيرة، والتي جمعها في مجلدين؛ يعرف المجلد الأول باسم كوديكس أتلانتيكاس بسبب ملفاته الكبيرة التي في حجم الأطلس، وقد تم تناقله لعدة مرات بعد وفاة ليوني قبل أن يصل في النهاية إلى مكتبة أمبروزيانا في ميلانو. وتم شراء المجلد الثاني من ورثة ليوني بواسطة جامع الفنون البريطاني اللورد أروندل، الذي أهداها إلى

المجموعة الملكية بحصن وندسور، حيث تم هنا فصل الصفحات وتغليفها كل صفحة على حدة. كما اشترى اللورد أروندل مجموعة كبيرة أخرى من المخطوطات من إسبانيا، والتي تحمل اسمه الآن، كوديكس أروندل، وهي مستقرة الآن في المكتبة البريطانية.

وباع ليوني كذلك عدة مذكرات كاملة. تم إعطاء اثنتى عشرة منها في النهاية إلى مكتبة أمبروزيانا؛ واختفى الباقي. تمزقت صفحات من بعضها، وانتهت في مكتبات ومتاحف أوربية متنوعة، وتم اقتناء إحدى المجموعات في ١٧٥٠ بواسطة الأمير تريفولزيو، وتعرف الآن باسم كوديكس تريفولزيانوس، وموجودة الآن في مكتبة تريفولزيانا بميلانو، وتحمل اسم أسرة الأمير.

وبحلول القرن الثامن عشر تزايد الطلب كثيرا على مخطوطات ليوناردو، وخاصة بين جامعي الفنون الإنجليز. اشترى اللورد لايتون ثلاثة مجلدات من هذه المذكرات المجمعة، وباعها فيما بعد إلى رجل اسمه جون فورستر، الذي سلمها بدوره إلى متحف فيكتوريا وألبرت، وتعرف هذه المجموعة الآن باسم مخطوطات فورستر I ، II، III. وقد تم الحصول على مجموعة أخرى متكاملة من تلك المذكرات مباشرة من أورازيو ميلزي، والتي تنقلت بين أيدي فنانين إيطاليين متعاقبين قبل أن يشتريها إيرل ليستسر، وبذلك اكتسبت الاسم مخطوطة ليستسر.

وعندما دخل نابليون بونابرت ميلانو سنة ١٧٩٦ في أوج حملته الإيطالية، أمر بإشارة إمبراطورية، بنقل كل المذكرات من مكتبة أمبروزيانا إلى باريس. وقد أعيدت فيما بعد مخطوطات أتلانتيكاس إلى الأمبروزيانا، فإن الأثنى عشر جزءًا الكاملة من هذه المذكرات ظلت في المكتبة القومية بباريس، حيث يشار إليها بالحروف من A حتى M (ماعدا J).

وفي منتصف القرن التاسع عشر، قام جوجليلمو ليبري، أستاذ الرياضيات ومؤرخ العلوم، بسرقة عدة ملفات من الجزأين A ، B من المخطوطات من

المكتبة القومية. ونزع كذلك المخطوطة الصغيرة (مخطوطة حول طيران الطيور) والذي كان ملحقا بالمخطوط B. وبعد قيامه بالسرقة هرب ليبري إلى إنجلترا حيث جمع الملفات المنفردة في مجموعتين وباعهما إلى اللورد أشبيرنام. وفي النهاية، أعيدا إلى باريس وألحقا بالمخطوطتين A و B. إلا أنهما مازالا معروفين إلى اليوم باسم مخطوطات أشبيرنام I, II . كان مخطوط sul volo قد تم تفكيكه بواسطة ليبري. وقد تنقلت أجزاؤه بين العديد من الأيادي، بمن فيهم الأمير الروسي تيودور سباشنيكوف، الذي تبرع بتلك الأجزاء للمكتبة الملكية في تورينو، حيث تم تجميع كل المخطوطات في النهاية.

وفي عام ١٩٨٠ بيعت مخطوطة ليستسر في مزاد بواسطة ورثة الإيرل. وقد اشترى هذه المخطوطة قطب البترول الأمريكي وجامع الفنون أرمان هامر، والذي أعاد تسميتها بمخطوطة هامر. وبعد وفاة هامر أعيد شراء المخطوطة في مزاد مرة ثانية بواسطة بليونير البرمجيات بيل جيتس. أعاد جيتس الاسم الأصلي مخطوطة ليستسر إليها، ثم بدأ في تجزيئها إلى قطع منفردة على طريقة ليوني وجامعي الفنون الأثرياء الآخرين.

ومخطوطة ليستسر هي المذكرات الوحيدة التي مازالت في ملكية خاصة اليوم. أما المخطوطات الأخرى – مذكراته في شكلها الأصلي وبأحجام مختلفة، والمجموعات المصنفة الكبرى، والصفحات الممزقة، والملفات المعزولة – كلها موجودة في المكتبات والمتاحف. وقد فقد أكثر من نصف المخطوطات الأصلية، على الرغم من أن بعضها مازال موجودا يتراكم عليه الغبار ولا يراه أحد في مكتبات أوربية خاصة. وفي الواقع تم اكتشاف مذكرتين كاملتين في متاهة أكوام المكتبة القومية في مدريد حديثا في ١٩٦٥. والمخطوطتان المشار إليهما بمدريد I، II جلبتا إلى النور الكثير من الأمور التي كانت غير معروفة في الماضي من أعمال ليوناردو، بما في ذلك دراساته في الرياضيات، والهندسة الميكانيكية والهيدروليكية، والبصريات، والمنظور، وكذلك مخزون المكتبة الشخصية لليوناردو.[٩٤]

بينما كانت لوحات ليوناردو محل إعجاب عدد لا يحصى من محبي الفنـــون في حياته، وعبر القرون، لم تر مذكراته النور كلية إلا في أواخر القـــرن التاســـع عشر عندما تم أخيرا تسجيلها ونشرها. واليوم أصبحت كتابات هذا الرائد العبقـــري للعلوم الحديثة متاحة للمفكرين في صور وطبعات ممتازة ونسخ واضحة، وتعرض اليوم بصورة متكررة رسوماته العلمية والتقنية، أحيانا مصحوبة بنمـــاذج خـــشبية للآلات التي قام بتصميمها. ومع ذلك، وبعد أكثر من خمسمائة عام مـــن مـــيلاده، مازالت علوم ليوناردو ليست معروفة بشكل واسع وكثيرا ما يساء فهما.

الباب الثانى

ليوناردو العالِم

الفصل الخامس

العلم فى عصر النهضة

وحتى نقدر علم ليوناردو، من المهم فهم السياق الثقافى والفكرى الذى أبدع فيه هذا العلم. ولا تأتى الأفكار العلمية من فراغ. فهى تتشكل دائمًا بواسطة الإدراك والقيم الثقافية، وبالتقنيات المتاحة فى ذلك العصر. وتقدم الكوكبة الكلية من المفاهيم والقيم والمدارك الحسية والممارسات - "النموذج العلمى" بمصطلحات مؤرخ العلوم توماس كون - تقدم السياق الضرورى للعلماء لطرح الاسئلة العظيمة وترتيب موضوعاتهم وتحديد المسائل الشرعية وحلولها[1]. وتقوم كل العلوم على مثل هذا الأساس الفكرى والثقافى.

وعليه، عندما نقر بأفكار قديمة أو من العصور الوسطى التى انعكست فى كتابات ليوناردو العلمية، فإن ذلك لا يقلل من قدره كعالم، كما يشار إليه أحيانا بذلك. وعلى النقيض من ذلك، وكأى عالم جيد، كان ليوناردو يعود إلى المراجع التقليدية، ويستخدم إطارها المفاهيمى كنقطة بداية له. ثم كان يختبر الأفكار التقليدية مقابل ملاحظاته العلمية الشخصية، ووفقًا للمنهج العلمى، لم يتردد فى تحوير النظريات القديمة عندما تعارضت تلك النظريات مع تجاربه.

إعادة اكتشاف الكلاسيكيات

وقبل أن نتعرف على كيفية تطوير ليوناردو لمنهجه العلمى، فإننا فى حاجة لفهم الأفكار الأساسية للفلسفة الطبيعية القديمة وتلك الخاصة بالعصور الوسطى،

والتى شكلت السياق الفكرى الذى كان يعمل خلاله ليونارد(٢). وعندئذ فقط سنتمكن من تقدير الطبيعة التحولية لإنجازاته فعليا.

كانت أفكار الفلسفة والعلوم الإغريقية، والتى تأسست عليها وجهة النظر العالمية فى عصر النهضة، كانت المعرفة القديمة. فإنه بالنسبة لليوناردو ومعاصريه، كانت تلك المعرفة مازالت حديثة وملهمة، لأن معظمها كان قد فقد على مدى قرون. وقد أعيد اكتشافها حديثًا فقط فى المراجع الإغريقية الأصلية وفى الترجمات العربية. وبدراسة علماء الإنسانيات الإيطاليين لتنويعات كثيرة من النصوص الكلاسيكية والإيضاحات والنقد العربى عليها، أعاد عصر النهضة اكتشاف الكلاسيكيات، وكذلك مفهوم التفكير النقدى.

وفى خلال العصور الوسطى المبكرة (من القرن السادس حتى العاشر الميلادى)، والمعروفة أيضا باسم عصر الظلمات، كان الأدب والفلسفة والعلوم الإغريقية والرومانية منسية بشكل كبير فى أوروبا الغربية، لكن النصوص القديمة كانت محفوظة فى الإمبراطورية البيزنطية ومعها معارف الكلاسيكيات الإغريقية(٣). وهكذا كان علماء الإنسانيات الإيطاليون دائمى الترحال إلى الشرق، حيث اقتنوا المئات من المخطوطات الكلاسيكية وأحضروها إلى فلورنسا، وأسسوا كذلك قسما للغة الإغريقية فى ستاديوم چنرال (Stadium Generale)، وهو الاسم الذى كان يطلق على جامعة فلورنسا، واجتذبوا مفكرين إغريق مشهورين لمساعدتهم فى قراءة وتفسير النصوص القديمة.

فى العصور القديمة، كان الرومان مرعوبين من الفن والفلسفة والعلوم الإغريقية، وكانت عائلات النبلاء كثيرًا ما تستخدم المفكرين الإغريق كمدرسين خصوصيين لأطفالهم، لكن الرومان أنفسهم لم ينتجوا إلا ما ندر من العلوم الأصلية. ومع ذلك، كتب المعماريون والمهندسون الرومان العديد من الرسائل

المهمة، وقام المفكرون الرومان بتلخيص التراث العلمى لليونان فى موسوعات كبرى والتى كانت شائعة فى العصور الوسطى وعصر النهضة. كان يتم الاستعانة بتلك النصوص اللاتينية بشغف بواسطة المفكرين والفنانين الإنسانيين، وتم ترجمة البعض منها إلى العامية الإيطالية.

وفى القرن السابع، قامت الجيوش الإسلامية القومية، ملهمة بالدين الإسلامى الجديد، بالاندفاع من شبه الجزيرة العربية فى غزوات متعاقبة، وهزمت شعوب الشرق الأوسط وعبرت شمال أفريقيا والجزء الجنوبى من أوروبا، وأثناء بنائهم لإمبراطوريتهم الشاسعة، لم ينشروا فقط الإسلام واللغة العربية، بل احتكوا كذلك بالنصوص القديمة للفلسفة والعلوم الإغريقية فى المكتبات البيزنطية. كان العرب يوقرون المعرفة الإغريقية فترجموا كل الأعمال الفلسفية والعلمية إلى العربية، واستوعبوا الكثير من العلوم القديمة فى ثقافتهم.

وعلى النقيض من الرومان، لم يستوعب المفكرون العرب المعرفة الإغريقية فقط، بل محضوها نقديًا وأضافوا إليها تعليقاتهم وتنقيحاتهم الخاصة، وقد وُجدت طبعات عديدة من هذه النصوص فى المكتبات الضخمة فى جميع أنحاء الإمبراطورية الإسلامية، وقد احتوت المكتبة العظيمة فى قرطبة بإسبانيا المغربية وحدها حوالى ستمائة ألف مخطوطة.

وعندما واجهت الجيوش المسيحية الإسلام فى حروبهم الصليبية، تضمنت غنائمها فى كثير من الأحيان أعمال المفكرين العرب. ومن بين الكنوز التى تركها المغاربة فى طليطلة عند تقهقرهم كانت واحدة من أضخم المكتبات الإسلامية التى كانت مليئة بالترجمات العربية الثمينة للنصوص العلمية والفلسفية الإغريقية. كان الرهبان المسيحيون ضمن القوات المحتلة، والذين سرعان ما بدأوا فى ترجمة الأعمال القديمة إلى اللاتينية. وبعد مائة سنة وبنهاية القرن الثانى عشر، أصبح الكثير من التراث الإغريقى والعربى الفلسفى والعلمى متاحًا للغرب اللاتينى.

ركز قادة الديانة الإسلامية على الرحمة والعدالة الاجتماعية والتوزيع العادل للثروة. وكان ينظر إلى الاجتهادات اللاهوتية على أنها أقل أهمية بكثير، ولذلك لم تلق تشجيعًا[٤]. ونتيجة لذلك كان المفكرون العرب أحرارًا فى تطوير النظريات الفلسفية والعلمية دون الخوف من الرقابة بواسطة السلطات الدينية.

لم يكن لدى فلاسفة العصور الوسطى المسيحيين مثل هذه الحرية، وعلى النقيض من أقرانهم العرب، لم يستخدموا النصوص القديمة أساسًا لأبحاثهم المستقلة الخاصة، ولكن بدلاً من ذلك، كانوا يقيمونها من منظور لاهوتى مسيحى. ومن المؤكد، كان الكثيرون منهم لاهوتيين، وكانت ممارستهم تجمع بين الفلسفة - بما فى ذلك الفلسفة الطبيعية أو العلوم - واللاهوت وأصبحت تعرف بالسكولاستية (Scholasticism) - أى التمسك الشديد بالتعاليم التقليدية. وبينما كان السكولاستيون المبكرون بقيادة القديس أوغسطين يحاولون تكامل فلسفة أفلاطون مع التعاليم المسيحية وصلت التقاليد السكولاستية ذروتها فى القرن الثانى عشر، عندما أصبحت الكتابات الكاملة لأرسطو متاحة باللغة اللاتينية، والتى كانت عادة مترجمة من نصوص عربية. وبالإضافة لذلك، كانت تعليقات المفكرين العربيين العظيمين ابن سينا وابن رشد على أعمال أرسطو قد ترجمت إلى اللاتينية.

كانت الشخصية الرائدة فى حركة نسج فلسفة أرسطو فى التعاليم المسيحية هو القديس توماس الأكوينى، وهو أحد المفكرين العظام فى العصور الوسطى. وكان الأكوينى يعلم أنه لا تعارض هناك بين العقيدة والمَنطق، لأن الكتابين اللذين قام كلاهما عليه - الإنجيل و"كتاب الطبيعة" - كان الرب مؤلفهما. ترك الأكوينى مجموعة ضخمة من كتابات فلسفية دقيقة وتفصيلية ومنهجية، حيث كامل فيها بين أعمال أرسطو الموسوعية ولاهوت العصور الوسطى المسيحى فى كل عظيم.

كان الجانب المظلم من هذا الدمج الكامل للعلم واللاهوت، هو أنه إذا كان هناك تناقض بواسطة علماء المستقبل، فلابد من اعتباره هرطقة. اختزن توماس

الأكوينى فى كتاباته إمكانية التصادم بين العلم والدين – والذى نشأ بالفعل بعد ثلاثة قرون فى أبحاث ليوناردو التشريحية(٥)، والذى وصل إلى ذروته الدرامية بمحاكمة جاليليو وتواصل حتى الوقت الحاضر.

اختراع الطباعة

لم تكن التغيرات الفكرية الكاسحة التى حدثت فى عصر النهضة، ومهدت الطريق للثورة العلمية لتحدث دون الفتح التقنى الذى غير وجه العالم، اختراع الطباعة. تضمن هذا التقدم اللحظى، الذى حدث عند مولد ليوناردو تقريبًا اختراعًا مزدوجًا، اختراع الطبوغرافيا (فن الطباعة بالحروف المتحركة)، والطباعة المنقوشة (للصور القابلة للطباعة)، وقد حدد هذان الاختراعان الحد الفاصل بين العصور الوسطى وعصر النهضة.

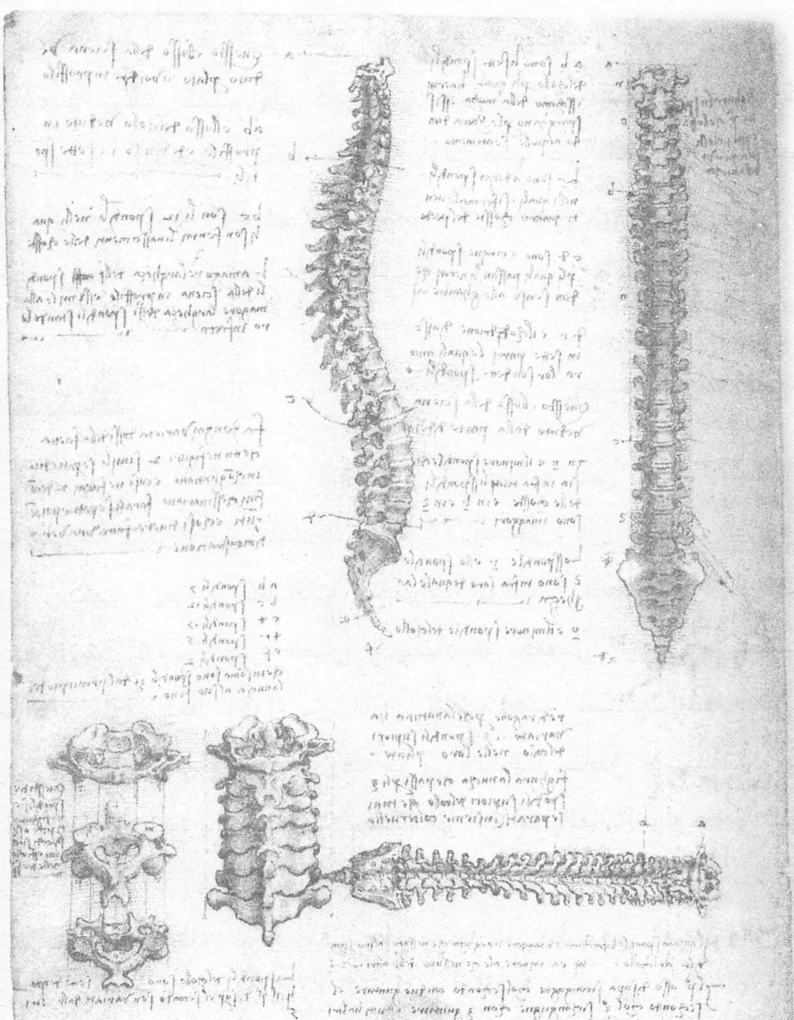
أدخلت الطباعة تغييرين أساسيين على انتشار النصوص: الانتشار السريع، والتوحيد القياسى، وكان كلاهما له أهمية بالغة فى انتشار الأفكار العلمية والتقنية. فبمجرد تجميع صفحة بواسطة منضد الحروف المطبعية، أصبح من السهل إنتاج المئات وتوزيعها، بل الآلاف من النسخ. وبالفعل، بعد أن جمع جوهانس جوتنبرج اثنين وأربعين سطرًا الشهيرة من الإنجيل فى مينز حوالى ١٤٥٠، انتشر فن الطباعة عبر أوروبا انتشار النار فى الهشيم، وبحلول ١٤٨٠ كان هناك أكثر من عشر مطابع فى روما، وبنهاية القرن، تفاخرت فينيسيا بوجود حوالى مائة مطبعة فيها، الأمر الذى حول هذه المدينة ذات الثراء الكبير إلى أعظم مركز للطباعة فى أوربا، وتقدر عدد المجلدات التى أنتجتها مطابع فينيسيا وحدها خلال القرن الخامس عشر بحوالى مليونى مجلد(٦).

كان إنتاج النصوص القياسية فى أهمية انتشارها الواسع بالنسبة لتقدم العلوم. وباستخدام المطبعة، لم تكن النصوص تنسخ بدقة فقط، بل كانت تطرح متماثلة تمامًا

فى كل نسخة، بحيث إن كل المفكرين فى المواقع الجغرافية المختلفة يمكنهم الرجوع إلى مقطع معين على صفحة معينة دون أى التباس. ولم يكن ذلك بالسهل قط، ولا يمكن الاعتماد عليه فى النسخ المكتوبة باليد فى مخطوطات العصور الوسطى.

كان إنتاج النسخ القياسية للصور عاملاً مهمًا فى توضيحات النصوص، إن لم يكن الأكثر أهمية، وهنا كان اختراع الحفر قد أصبح تكملة لا غنى عنها للطباعة. وبينما كانت الصور فى المخطوطات القديمة كثيرًا ما تفقد التفاصيل مع كل نسخة يدوية جديدة، فإن استخدام القطع الخشبية وألواح النحاس الآن جعل من الممكن إعادة إنتاج صور النباتات والتفاصيل التشريحية والابتكارات الميكانيكية والأجهزة العلمية والأشكال الرياضية بدقة تامة. كانت هذه الصور ذات قيمة قياسية يمكن للمفكرين أن يشيروا إليها بسهولة.

كان ليوناردو على دراية تامة بهذه الميزات الهائلة للطباعة، وكان مهتمًا بحرص بالتفاصيل التقنية لعملية الطباعة طوال حياته[٧]، وكان من بين رسوماته المبكرة للابتكارات الميكانيكية فى مخطوطة اتلانتيكاس خلال ١٤٨٠-١٤٨٢، مكبس طبوغرافى مزود بمغذٍ أوتوماتيكى للصفحات، وهو الابتكار الذى ظهر بعد حوالى عقدين. وبينما كان يتوسع فى أبحاثه العلمية، أصبح ليوناردو يدرك بشكل متزايد الحاجة إلى انتشار النسخ المطبوعة من رسائله، وفى حوالى ١٥٠٥، بينما كان يرسم لوحة معركة أنجيارى بفلورنسا، ويكتب مخطوطة حول طيران الطيور، اخترع طريقة جديدة للطباعة لإنتاج النصوص والرسومات بالتزامن معًا. كان ذلك سابقة ممتازة للطريقة التى أدخلت فى أواخر القرن الثامن عشر بواسطة الشاعر والفنان الرومانى وليم بليك، الذى كان حفارًا محترفًا[٨].



شكل (٥ـ١) العمود الفقرى، حوالى١٥١٠، دراسات تشريحية، ملف ٧ ١٣٩

وبعد بضع سنوات، وفى ذروة أعماله التشريحية فى ميلانو، أضاف ليوناردو مذكرة تقنية حول إعادة إنتاج رسوماته إلى تأكيداته الشهيرة حول تفوق الرسم على الكتابة.[٩] وقد أصر على أن رسوماته التشريحية يجب أن تطبع من لوحات نحاسية، والتى كانت أغلى كثيرًا من القطع الخشبية، لكنها كانت أكثر كفاءة بكثير فى إظهار التفاصيل الدقيقة لأعماله، وقد كتب على الصفحة التى تحتوى رسوماته الرائعة للعمود الفقرى (شكل ٥ ــ ١) "أرجو ممن يأتى بعدى ألا يدع البخل يقيده ويجعله يجرى الطباعة [بالخشب]"[١٠]

عالم الاستكشاف

وبينما وسعت استكشافات النصوص الكلاسيكية التى أعيد اكتشافها من الجبهات الفكرية بشكل كبير لعلماء الإنسانيات الإيطاليين، فإن الجبهات المادية هى الأخرى توسعت نتيجة للاكتشافات الجغرافية بواسطة المستكشفين البرتغاليين المشهورين ومن تبعهم. كان عصر النهضة هو العصر الذهبى للاستكشافات الجغرافية، وبحلول العقد الأول من القرن السابع عشر تضاعف سطح الأرض المعروف منذ العصور الوسطى، وقد جرى اكتشاف مناطق ومناخات وسمات جديدة كلية فى الطبيعة، ولدت هذه الاستكشافات اهتمامًا بالغًا بالبيولوچيا أو التاريخ الطبيعى كما كان يدعى فى ذلك الوقت، وأدت الرحلات البحرية فى المحيطات إلى تحسينات كبرى فى بناء السفن وفى علم رسم الخرائط وفى الفلك، وفى علوم وتقنيات أخرى مرتبطة بالملاحة.

وبالإضافة إلى رحلات المستكشفين البحرية، تم اكتشاف مناطق جديدة من الأرض، حتى فى قلب أوروبا عندما غامر متسلقو الجبال الأوائل بالصعود إلى المناطق العليا من جبال الألب، وكان الاعتقاد الشائع فى العصور الوسطى أن

الجبال العالية خطرة، ليس فقط بسبب قسوة مناخها، بل أيضا لأنها مسكونة بالأقزام الخرافية الطيبة والشياطين. والآن، ومع الفضول الإنسانى الجديد والثقة فى الإمكانات البشرية، جرت أولى بعثات تسلق جبال الألب، وبحلول نهاية القرن السادس عشر، تم الوصول إلى ما يقرب من خمسين قمة[١١].

اعتنق ليوناردو تمامًا العاطفة الإنسانية فى الاكتشافات فى كل من العالم المادى والذهنى. كان ليوناردو من أوائل متسلقى الجبال الأوروبيين[١٢]، وسافر مرارًا داخل إيطاليا مكتشفا النباتات والقنوات المائية والتركيبات الجيولوجية فى المناطق التى زارها، وبالإضافة لذلك، كان يستمتع بتأليف روايات خيالية عن رحلات للجبال والصحارى فى البلاد البعيدة[١٣].

وتبين لنا هذه الأمثلة القليلة، من اهتمامات ليوناردو العديدة وأنشطته، أنه كان على دراية تامة بالمنجزات الفكرية والتقنية والثقافية فى عصره، وكان على صلة دائمة منذ الأيام الأولى أثناء تدريبه فى ورشة فيروتشيو، وعلى مدى السنوات التى قضاها فى بلاطات أوروبا المختلفة، بالفنانين والمهندسين والفلاسفة والمؤرخين والمكتشفين الرواد، وبذا كان على دراية واسعة بمدى عريض من الأفكار والممارسات التى تترافق الآن مع عصر النهضة.

النظرة القديمة للعالم

كان أساس وجهة النظر العالمية فى عصر النهضة هو أن مفهوم العالم قد تطور فى العلوم الإغريقية الكلاسيكية: العالم عبارة عن كون (Kosmos)، أى بنية مرتبة ومتناغمة. ومنذ بداية الفلسفة والعلم الإغريقيين فى بداية القرن السادس قبل الميلاد، كان ترتيب الكون على شكل كائن حى وليس نظامًا ميكانيكيًا، ومعنى ذلك أن كل أجزاء الكون لها غرض أساسى لتساهم فى العمل المتناغم للكل، وأن

هذه الأشياء قد تحركت بشكل طبيعى نحو مكانها المناسب فى العالم. ويُدعى مثل هذا التفسير للظواهر الطبيعية بمدلول أهدافها، أو غاياتها، باسم الغائية، مشتقًا من الكلمة الإغريقية telos (غاية). وقد اخترقت فعليًا كل الفلسفة والعلوم الإغريقية.

وتعنى وجهة النظر القائلة بأن الكون كائن عند الإغريق، أن خواصه العامة تنعكس فى كل جزء من أجزائه. وهذا التماثل بين العالم الكبير والعالم الصغير، وبصفة خاصة بين الأرض والجسم البشرى، قد تم الحديث عنه ببلاغة قصوى بواسطة أفلاطون فى حواره تيموس(*) timaeus فى القرن الرابع قبل الميلاد، فإنه يمكن العثور عليها فى تعاليم الفيثاغوريين والمدارس المبكرة الأخرى، وبمرور الوقت اكتسبت هذه الفكرة صفة المعرفة العمومية، والتى استمرت طوال العصور الوسطى وعصر النهضة.

وفى الفلسفة الإغريقية المبكرة، تحددت القوة المحركة القصوى ومصدر كل الحياة بالروح، وكانت الاستعارة الأساسية لها هى نفس الحياة، وبالفعل، فإن أصل المعنى لكل من الكلمة الإغريقية Psyche واللاتينية anima هو "نفس "breath. أما ما ترافق مع القوة المتحركة – نفس الحياة الذى يغادر الجسم عند الوفاة– فكان هو فكرة "المعرفة". وبالنسبة للفلاسفة الإغريق الأوائل كانت الروح هى مصدر الحركة والحياة، وهى التى تدرك وتعرف. وبسبب التماثل الأساسى بين العالم الصغير والكبير، فإن الروح المنفردة من المعتقد أنها جزء من القوة التى تحرك كل العالم، ووفقًا لذلك، كانت المعرفة المنفردة ترى على أنها جزء من عملية المعرفة العالمية، وقد أطلق عليها أفلاطون "روح العالم anima mundi".

(*) أحد حوارات أفلاطون، على شكل مونولوج طويل، وكلمة Timaeus تعنى بالإغريقية الشرف. (المترجم والمراجع)

وفيما يخص تركيب المادة، ادعى أمبيدوكليس فى القرن الخامس قبل الميلاد أن العالم المادى يتكون من تجمعات مختلفة من أربعة عناصر - الأرض والماء والهواء والنار. وعندما نترك هذه العناصر لنفسها فإنها ستستقر فى كرات متحدة المركز بحيث تكون الأرض فى المركز، محاطة بالترتيب بكرات الماء ثم الهواء ثم النار، وأبعد من ذلك إلى الخارج توجد كرات الكواكب، وأبعد منها كرات النجوم.

ووفقًا لنظرية العناصر الأربعة، فإن التنويعات الكبرى التى نلاحظها فى الأشياء المادية هى نتيجة اتحاد أربعة أزواج من الخواص المرتبطة بالعناصر: بارد وجاف (الأرض)، وساخن وجاف (النار)، وبارد ورطب (الماء)، وساخن ورطب (الهواء). وبعد أمبيدوكليس بنصف قرن، اقترح ديمقريطيس نظرية بديلة للمادة، والتى تنص على أن كل الأجسام المادية تتكون من ذرات ذات أحجام وأشكال متعددة، وأن كل ما نلاحظه من خواص مشتقة من الاتحادات المعينة للذرات داخل الأجسام. كانت نظريته متناقضة مع وجهات النظر الغائية التقليدية للمادة لدرجة أنها قد نحيت جانبًا، وظلت كذلك خلال العصور الوسطى وعصر النهضة. ولم تطف على السطح مرة ثانية إلا فى القرن السابع عشر، مع ظهور الفيزياء النيوتونية.(١٤)

وحتى لو كانت خواص الأجسام المادية يمكن رؤيتها على أنها ناتجة من الاتحادات المختلفة للخواص الأساسية المتأصلة فى العناصر الأربعة، فما زال الفلاسفة الإغريق يواجهون مشكلة كيفية اتحاد هذه العناصر التى تكتسب أشكالا معينة نراها فى الطبيعة. وكان فيثاغورس هو أول الفلاسفة الذين عالجوا مشكلة الشكل فى القرن السادس قبل الميلاد، وأسس مدرسة لعلم الرياضيات على شكل طائفة دينية وأطلق على أعضائها الفيثاغورسيين، وقد اعتقد هو وأتباعه أن الأنساق الرقمية والنسب كانت فى أصل كل الأشكال، وبهذه العلاقة بين العالم المتماسك للأشكال الطبيعية والعالم التجريدى للعلاقات العددية، بدأت الرابطة بين العلوم والرياضيات، والتى ستصبح أساس الفيزياء الكلاسيكية فى القرن السابع عشر.

قسم الفيثاغورسيون الكون إلى عالمين: السموات، والتى تدور فيها النجوم فى كرات سماوية وفقًا لقوانين رياضية تامة لا تتغير؛ والأرض التى فيها الظواهر معقدة ومتغيرة وغير تامة، وقد أضاف أفلاطون تنقيحاته الخاصة إلى هذه الصورة. وحيث إن الدائرة هى أكثر الأشكال الهندسية كمالا، دفع أفلاطون بأن الكواكب مثل النجوم لابد أن تتحرك فى دوائر.

تخليق أرسطو للعلم

كان أرسطو أهم الفلاسفة الإغريق بالنسبة للعلوم فى عصر النهضة، وبوصفه تلميذًا لأفلاطون كان أرسطو هو الأذكى فى أكاديمية أفلاطون على وجه العموم، لم يكن أرسطو مختلفًا تمامًا فقط عن معلمه، بل كان مختلفا عن كل من سبقوه. كان أرسطو أول فيلسوف يكتب رسائل حرفية منهجية حول الفروع الرئيسية للمعرفة فى عصره، وقد قام بتخليق كل المعرفة العلمية وتنظيمها للقدماء فى مخطط مقدر له أن يظل أساس العلوم الغربية لألفى سنة، وعندما اندمج هذا الكم من المعرفة مع اللاهوت المسيحى فى العصور الوسطى، اكتسب صفة الدوجما الدينية.

وحتى يتمكن أرسطو من تكامل فروع العلوم الأساسية فى عصره - البيولوجيا والفيزياء والميتافيزيقا والأخلاق والسياسة - فى إطار نظرى متماسك، وضع أرسطو نظامًا أساسيًا من المنطق ومجموعة من المبادئ الموحدة، وقد أشار بوضوح أن الهدف من منطقه هو تعلم فن الفحص العلمى والتفكير، وكان عليه أن يعمل كأداة عقلانية لكل الأعمال العلمية.

وكان أرسطو بوصفه عالمًا، هو الأول والرئيسى كعالم فى البيولوجيا، والتى كانت ملاحظاته عن الحياة المائية لا تدانى حتى القرن التاسع عشر. ومثل فيثاغورس، ميز أرسطو بين المادة والشكل، لكنه كعالم بيولوجيا عرف أن الشكل

الحى أكثر من مجرد شكل، وأكثر من ترتيب ساكن من مكونات جزئية[١٥]. وكان مدخله عالى الأصالة لمشكلة الشكل، وهو افتراض أن المادة والشكل مرتبطان من خلال عملية تطور. وعلى النقيض من أفلاطون، الذى كان يعتقد فى عالم مستقل للأشكال المثالية، تمسك أرسطو بأن الشكل لا يوجد منفصلاً بل فى حالة تلازم، ولا تستطيع المادة الوجود منفصلة عن الشكل. وعن طريق الشكل يصبح جوهر المادة واقعا أو حقيقيًا. وقد أطلق أرسطو على هذه العملية من التحقق الذاتى للمادة (الاكتمال الذاتى) (entelechy)؛ كانت المادة والشكل من وجهة نظره هما وجها هذه العملية من التطور، ولا ينفصلان إلا تجريديًا فقط.

جمع أرسطو بين اكتماله الذاتى entelechy، وبين المفهوم الإغريقى التقليدى للروح كمصدر للحياة[١٦]. لم تكن الروح بالنسبة له هى مصدر حركة الجسد فقط، بل هى أيضا تشكيل للجسد، وهى الشكل الذى يحقق ذاته فى التغيرات وحركات الجسم العضوى، تبنى ليوناردو -كما سأبين- مبدأ أرسطو للروح، ووسع فيه وحوله إلى نظرية علمية قائمة على براهين أولية[١٧].

وتصور أرسطو عن الروح أنها مبنية على مستويات متعاقبة تقابل مستويات الحياة العضوية، والمستوى الأول هو "الروح النباتية" والتى تسيطر، كما نقول اليوم، على التغيرات الميكانيكية والكيميائية لأيض الجسم، وروح النباتات قاصرة على ذلك المستوى الأيضى للقوة الحيوية، أما الشكل الأعلى التالى فهو "روح الحيوان" التى تتميز بالحركة المستقلة ذاتيًا فى المكان والأحاسيس، أى الشعور بالبهجة والألم. وأخيرا "روح الإنسان" وتتضمن الأرواح النباتية والحيوانية لكن ميزتها الرئيسية هو العقل.

وبمصطلحات الفيزياء والفلك، تبنى أرسطو التضاد الفيثاغورسى بين العالمين الأرضى والسماوى، وكان يقول، إنه بين الأرض وكرة القمر، كل الأشياء

دائمة التغير، مولدة أشكالاً جديدة تتحلل ثانية؛ وفوق القمر، تدور الكرات البلورية للكواكب والنجوم فى حركة أبدية لا تتغير، وقد انحاز إلى الفكرة الأفلاطونية أن كمال العالم السماوى يعنى أن الكواكب والنجوم تتحرك فى دوائر تامة، كما تقبل أرسطو كذلك وجهة نظر أفلاطون بأن الأرواح الإلهية تسكن الأجسام السماوية، وأنها تؤثر فى الحياة على الأرض، وتستقر هذه الفكرة فى جذور علم التنجيم فى العصور الوسطى، الذى ظل شائعًا جدًا فى عصر النهضة، ومع ذلك عارضه ليونازدو بكل شدة(١٨).

ومقتفيًا أثر إيمبيدوكليس، التزم أرسطو بأن كل الأشكال فى العالم تأتى من الاتحادات المتنوعة للعناصر الأربعة - الأرض والماء والهواء والنار - ورأى أن مخاليط العناصر دائمة التغير هى مصدر عدم الكمال والطبيعة الاعتباطية للأشكال المادية. وقال إن العناصر الأربعة لم تمكث فى عوالمها المخصصة لها، بل تضطرب باستمرار ويدفع بها إلى الكرات المجاورة؛ حيث من الطبيعى أنها ستحاول العودة إلى أماكنها المناسبة. وبهذه الحجة، حاول أرسطو أن يفسر لماذا يسقط المطر إلى أسفل خلال الهواء، بينما يتجه الهواء إلى أعلى فى الماء، وترتفع شعلة النيران إلى أعلى فى الهواء، وقد عارض بشدة محاولة ديمقريطيس اختزال خصائص المادة إلى علاقات كمية بين الذرات، وبسبب سلطة أرسطو العظيمة، تم حجب النظرية الذرية لديمقريطس بواسطة التفسيرات الغائية للظواهر الفيزيائية خلال العصور القديمة والوسطى.

كانت كل الأنشطة التى حدثت تلقائيًا طبيعية بالنسبة لأرسطو وتحكمها الأغراض الدفينة فى الظواهر الفيزيائية، وعليه كانت الملاحظة هى الوسيلة المناسبة لاختبارها. وكانت التجارب التي تغير من الظروف الطبيعية لكى تلقى الضوء على بعض الخواص الخفية للمادة، كانت أمرا غير طبيعى، وبهذا الشكل،

من غير المتوقع أن تكشف تلك التجارب جوهر الظواهر؛ ولذلك أشار أرسطو إلى أن التجارب ليست الوسيلة المناسبة للاختبار، ومن المؤكد أن الطرق التجريبية لم تكن ضرورية فى العلوم الإغريقية.

كانت رسائل أرسطو هى الأساس الفلسفى والعلمى للفكر فى عصر النهضة، لكن المفكرين الإنسانيين قرأوا كذلك أفلاطون ونصوصًا مختلفة من التقاليد المبكرة للفلسفة الطبيعية الإغريقية، وكذلك الرسائل الأكثر حداثة للعلماء العرب، وهكذا سرعان ما نشأت مدارس مختلفة للفكر، والتى تبعت واحدا أو آخر من الفلاسفة القدامى، وبالتحديد كانت هناك مجادلات متقدة بين الأفلاطونيين حول أى الأفكار كانت واقعية وأن عالم الأحاسيس كان مخادعًا، وبالنسبة لأتباع أرسطو الذين كانت الأحاسيس بالنسبة لهم تزودهم بالواقع فإن الأفكار كانت تجريدات مجردة.

كانت فلورنسا تحت حكم عائلة ميدتيشى مركز الأفلاطونية، أما ميلانو فكانت تحت تأثير جامعات بادوا وبولونيا، وكانت الأرسطية تسيطر عليها بشكل كبير. وليوناردو الذى قضى سنوات عديدة فى المدينتين، كان على دراية تامة بالمجالات الفلسفية بين المدرستين، ومن المؤكد أن التوتر بين الإعجاب الأفلاطونى بالدقة الرياضية والاهتمام الأرسطى بالأشكال النوعية يظهر تحولاتها مرات ومرات فى كتاباته[١٩].

كان العلم ككل فى عصر النهضة يتميز بالحرفية بدلاً من المدخل الأولى، وبدلاً من ملاحظة الطبيعة، فضل الإيطاليون الإنسانيون قراءة النصوص الكلاسيكية، وبكلمات مؤرخ العلوم چورچ سارتون "لدراسة الهندسة عليك أن تدرس إقليدس؛ وكان الأطلس الجغرافى نسخة من بطليموس؛ ولا يدرس الطبيب الطب، إنما يدرس أبوقراط وجالينوس[٢٠]".

وقد غطت الرسائل الكلاسيكية التى أعيد اكتشافها فى عصر النهضة، مدى عريضًا من الموضوعات، تتراوح من الفن والأدب إلى الفلسفة والعلوم والعمارة والهندسة. وفيما يتعلق بالعلوم أو "الفلسفة الطبيعية" درس مفكرو عصر النهضة النصوص الإغريقية والعربية فى ثلاثة مجالات واسعة، الرياضيات والفلك، والتاريخ الطبيعى، والطب والتشريح.

الرياضات والفلك فى عصر ليوناردو

بدأت الرياضيات النظرية الإغريقية فى حياة أفلاطون، فى القرنين الرابع والخامس قبل الميلاد. وكان الإغريق يميلون إلى هندسة كل المسائل الرياضية، ويبحثون عن الإجابات بمدلول الأشكال الهندسية. فمثلا كانوا يمثلون الكميات بأطوال الخطوط، وحاصل ضرب كميتين بمساحة المستطيلات. وقد مكنتهم هذه الطرق حتى التعامل مع الأرقام الصماء[٢١] ممثلين الرقم $\sqrt{2}$ مثلا، بقطر مربع طول ضلعه ١.

وقبل ذلك بعدة قرون طور البابليون منهجًا مختلفًا لحل المسائل الرياضية، يعرف الآن بعلم الجبر، والذى بدأ بعمليات حسابية بسيطة ثم تطور إلى صياغات أكثر تجريدًا بأرقام مثلتها حروف. تعلم الإغريق هذه الطرق العددية والجبرية بجانب الفلك البابلى، لكنهم حولوها إلى لغة هندسية واستمروا فى رؤية المسائل الرياضية بمدلول الهندسة. ويقال إن أكاديمية أفلاطون، وهى المدرسة الإغريقية الرئيسية للفلسفة الطبيعية على مدى تسعة قرون، كان مكتوبًا على مدخلها لافتة تقول "لا تدع أحدا لا يعرف الهندسة يدخل هنا".

بلغت الرياضيات الإغريقية أوجها فى الطور المبكر حوالى سنة ٣٠٠ قبل الميلاد مع إقليدس، والذى قدم كل الهندسة والرياضيات الأخرى المعروفة فى أيامه

فى تتابع منهجي مرتب فى كتابه الشهير "العناصر". ولم تكن المجلدات الثلاثة عشر من كتابه المدرسى الكلاسيكى مقروءة فقط على نطاق واسع أثناء عصر النهضة، بل ظلت أساس تعليم الهندسة حتى نهاية القرن التاسع عشر. وبعد مائة سنة من إقليدس، وصلت الرياضيات الإغريقية ذروتها النهائية بأرشميدس، الرياضى العبقرى الذى كتب العديد من الرسائل المهمة وبها ما نسميه الآن الفيزياء الرياضية، رغم أنه لم يكن أبدا فى شهرة إقليدس، كانت أعماله فى الرياضيات متقدمة لدرجة أنها لم تصبح مفهومة إلا بعد قرون عديدة، وقد حجبت شهرته الكبيرة بوصفه مخترعًا سمعته كعالم رياضيات.

وبازدهار الإسلام فى القرن السابع والقرون التى تلت ذلك أصبح العالم العربى مركزًا للدراسات الرياضية، وقد ترجم علماء الرياضيات العرب النصوص الإغريقية وجمعوعها، وعقبوا كذلك على التأثيرات المهمة لبلاد ما بين النهرين والهند. وكانت أبحاث محمد الخوارزمى فى القرن التاسع ذات أهمية خاصة، والذى كان كتابه "كتاب الجبر" أكثر الأعمال تأثيرا فى الجبر فى هذه الفترة. وكلمة "الجبر" بالعربية (الربط معا) فى عنوانه هى أصل الكلمة الحديثة الجبر[٢٢] "Algebra".

وبعد قرنين، أنجبت فارس عالم الجبر المتميز الشاعر عمر الخيام، مؤلف الرباعيات ذائع الصيت عالميًا، والذى اشتهر فى وقته لتصنيف المعادلات المكعبة وحل الكثير منها. وهناك مفكر إسلامى آخر فى هذه الفترة والذى كان مؤثرًا جدا فى عصر النهضة، عالم الرياضيات العربى الحسن بن الهيثم، الذى كتب رسالة رائعة حول "علم المنظور"، والتى تضمنت مناقشات تفصيلية للبصريات الهندسية والمبادئ الهندسية للإبصار وتشريح العين.

وهكذا، كان لدى الرياضيين فى عصر النهضة مدخل لمنهجين مختلفين لحل المسائل الرياضية، هندسيًا وجبريًا، فإن الهندسة ظلت هى الأكثر أساسية حتى

القرن السابع عشر، وكان كل التفكير الجبرى مبررًا بالأشكال الهندسية فى الرياضيات الإغريقية التقليدية. وفى القرن السابع عشر، انعكس اعتماد الجبر على الهندسة بواسطة رينيه ديكارت، مؤسس الفلسفة الحديثة وعالم الرياضيات العبقرى، الذى ابتكر طريقة لربط المعادلات الجبرية بالمنحنيات والأسطح(٢٣). وتسمى هذه الطريقة الآن بالهندسة التحليلية، وتتضمن استخدام الإحداثيات الديكارتية، وهو النظام الذى ابتكره ديكارت وسمى باسمه. ومع كل، وقبل ديكارت بفترة طويلة، كان مجالا الهندسة والجبر مرتبطين ببعضهما لأن كلاهما كان ضروريًا لتطور علم الفلك الدقيق.

وبالتأكيد كان الفلك خلال العصور القديمة هو العلم الفيزيائى الرئيسى، وقد طبق البابليون بنجاح طرقهم العددية لصياغة الجداول الفلكية. واستخدم الإغريق منهجهم الهندسى لبناء نماذج كونية تفصيلية، متضمنة حساب المثلثات - التى تعلمها الفلكيون الإغريق من علماء الرياضة الهندوس - لتحديد المسافات بين الأجرام السماوية بواسطة رصدهم للمواقع الزاوية.

وعندما جعلت فتوحات الإسكندر الأكبر الفلكيين البابليين وطرقهم الرياضية متاحة للإغريق، وجدوا أنه من المستحيل توافق هذه البيانات المتطورة مع أفكارهم الأفلاطونية حول المدارات الدائرية للكواكب؛ ولذا تخلى العديد من الفلكيين الإغريق عن وجهة النظر الأفلاطونية - الأرسطية، وبدأوا فى تصميم نظم معقدة لمركزية الأرض وذلك من الدوائر وأفلاك التدوير، لتفسير حركة الشمس والقمر والكواكب، وقد بلغ هذا التطور ذروته فى القرن الثانى الميلادى فى النظام البطليموسى، الذى تنبأ بحركة الكواكب بدقة لا بأس بها.

وقد لخصت رسالة بطليموس الواقعة فى ثلاثة عشر مجلدًا، (المجموعة الرياضية He mathematike syntaxis)، الكثير من المعرفة الفلكية القديمة،

وظلت هذه الرسالة المرجع الموثوق به فى الفلك لمدة أربعة عشر قرنًا. (ومما يدل على مكانة العلوم الإسلامية أن هذا المرجع كان يعرف خلال العصور الوسطى وعصر النهضة بعنوانه العربى المجسطى Almagest، كما نشر بطليموس كتاب "الجغرافيا" والذى احتوى على تفاصيل دقيقة لتقنية رسم الخرائط وعلى خريطة تفصيلية للعالم المعروف، وقد طبع الكتاب فى القرن الخامس عشر تحت العنوان "كوسموجرافيا" وأصبح الأكثر شيوعًا من بين كتب الجغرافيا التى طبعت بالحروف المتحركة أثناء عصر النهضة.

التاريخ الطبيعى

خلال العصور القديمة والقرون التى تلتها، كانت تعرف دراسة العالم الحى باسم التاريخ الطبيعى، وكان أولئك الذين يقومون بدراسته يطلق عليهم الطبيعيون. وكانت غالبًا نشاطًا للهواة بدلا من عمل المحترفين، ولم يبدأ استخدام مصطلح "بيولوچيا" على نطاق واسع إلا فى القرن التاسع عشر، وحتى فى ذلك الوقت ظل علماء البيولوچيا يدعون "طبيعيين".

فى القرن الخامس عشر، ظلت كتب التاريخ الطبيعى تميل نحو عرض بعض الولع بالقصص الخيالية الرائعة التى تجرى على ألسنة الحيوانات، وتتناول الأخلاقيات والسلوك، والتى شاعت فى العصور الوسطى. وفى زمن ليوناردو، كان إعادة اكتشاف النصوص الكلاسيكية للتاريخ الطبيعى، ومعها اكتشافات الفلورا والفاونا فى الأمريكتين، قد بدأ يحفز اهتمامًا أكثر جدية لدراسة الأشياء الحية. تمثلت أفكار الفلاسفة الطبيعيين القدامى حول النباتات والحيوانات بتفاصيل عظيمة فى الأعمال الموسوعية لأرسطو، وثيوفراستوس، وبلينى الأكبر، وديوسكوريديس[٢٤].

كان أرسطو المؤلف الكلاسيكى الأكثر إتاحة على نطاق واسع لمفكرى عصرا النهضة. وقد تضمنت أعماله العديدة الكثير من الرسائل عن الحيوانات، بما فى ذلك تاريخ الحيوانات Historia animalium، وعن الروح (De anima). وبينما كانت ملاحظات أرسطو عن النباتات أقل دقة عن ملاحظاته عن الحيوانات، كان تابعة وخليفته ثيوفراستوس ملاحظًا حريصًا للنباتات، وكانت رسالته عن تاريخ النباتات (De Historia plantarum) تعتبر عملاً رائدًا، مما جعل ثيوفراستوس مشهورًا بأنه "أبو علم النبات".

وفى القرن الأول الميلادى كتب العالم الطبيعى الرومانى بلينى الأكبر (Gaius plinius) موسوعة ضخمة تحت عنوان "التاريخ الطبيعى" من ٣٧ كتابًا، والتى احتوت على ٥٠٠ مؤلف إغريقى وورومانى تقريبًا، وقد أصبحت الموسوعة العلمية المفضلة فى العصور الوسطى، ليس فقط لثراء محتواها، بل أيضا لأنها مكتوبة بأسلوب غير رسمى، وبينما كان ينقصها الدقة العلمية، فإنها كانت أسهل وأكثر متعة فى قراءتها عن المجلدات المعرفية لأرسطو والفلاسفة الإغريق الآخرين. كان اسم بلينى يعنى التاريخ الطبيعى نفسه بالنسبة لمعظم علماء الإنسانيات فى عصر النهضة. وكانت موسوعته الأسهل فى مداخلها للمزيد من البحوث.

كان علم النبات، بدءًا من العصور القديمة وحتى نهاية القرن السادس عشر، يعتبر على الأغلب فرعًا من فروع الطب، حيث كانت تتم دراسة النباتات بشكل رئيسى لاستخدامها فى فنون العلاج. وعلى مدى قرون، كان المرجع الموثوق به فى هذا المجال هو (Materia Media) المواد الطبية، ومؤلفه الطبيب الإغريقى ديوسكوريدس الذى كان معاصرًا لبلينى.

الطب والتشريح

فى ثقافات ما قبل التاريخ وفى كل العالم، كان أصل المرض، وعملية العلاج ترتبط بقوى تنتمى إلى عالم الروح، وكان الكثير من طقوس العلاج وممارسته قد تطورت لتتعامل مع الأمراض وفقًا لذلك[٢٥]. وقد حدث تغير ثورى فى الطب الغربى فى اليونان فى القرن الخامس قبل الميلاد، مع ظهور التقاليد الطبية العلمية المرتبطة بأبوقراط. وليس هناك من شك أن طبيبًا فى شهرة هذا الاسم قد مارس ودرَّس الطب حوالى سنة ٤٠٠ ق.م. فى جزيرة كوس (cos)، لكن الكتابات المهولة التى تنسب إليه، والمعروفة باسم مجموعة أبوقراط (Hippocratic corpus)، من المحتمل أنها قد كتبت بواسطة العديد من المؤلفين فى أزمنة مختلفة.

وفى جوهر الطب الأبوقراطى، التسليم بأن الأمراض ليست نتيجة قوى خارقة، لكنها ظواهر طبيعية يمكن دراستها علميًا، وهى تتاثر بالإجراءات العلاجية والتعامل العقلانى مع حياة الإنسان[٢٦]، وهكذا يجب ممارسة الطب على أنه منهج علمى، ويجب أن يتضمن الوقاية من المرض، وكذلك تشخيصه وعلاجه. وقد شكل هذا الموقف أساس الطب العلمى حتى يومنا هذا.

ووفقًا لكتابات أبوقراط، تتطلب الصحة حالة من الاتزان بين التأثيرات البيئية، والطريقة التى نحيا بها، والمكونات المختلفة للطبيعة البشرية. وأحد أهم المجلدات فى مجموعة أبوقراط هو كتاب عن "الهواء والماء والأماكن"، والذى يمثل ما نطلق عليه الآن رسالة حول إيكولوچية البشر، وهو يبين تفاصيل كبيرة كيف تتأثر حياة الفرد بالعوامل البيئية - نوعية الهواء والماء والغذاء وطبوغرافيا الأرض، والعادات الحياتية العامة. وخلال العقدين الأخيرين من القرن الخامس عشر أصبح هذا المجلد ومجلدات أخرى عديدة من مجموعة أبوقراط متاحة للمفكرين باللغة اللاتينية، مأخوذ معظمها من الترجمات العربية[٢٧].

وقد بلغت المعرفة التشريحية ذروتها فى العصور القديمة فى القرن الثانى الميلادى عن طريق جالينوس (Claudius Galenes) الطبيب الإغريقى الذى أقام بصفة رئيسية فى روما، حيث كان له عيادة كبرى. كانت أعماله فى التشريح والفسيولوچيا تعتمد جزئيًا على تشريح الحيوانات، والتى أثرت بشكل كبير المعرفة القديمة عن الشرايين والمخ والأعصاب والحبل الشوكى. كتب جالينوس أكثر من مائة رسالة، لخص ومنهج فيها المعرفة الطبية لعصره بالتوافق مع نظرياته الخاصة. وبنهاية القرن التاسع تم ترجمة كل أعماله إلى العربية، وتبع ذلك ترجمتها إلى اللاتينية عندما واتت الظروف. كانت قوى تعاليم جالينوس لاتبارى حتى زمن ليوناردو، على الرغم من أنها لم تؤسس عل معرفة تفصيلية للأعضاء البشرية. وقد أعاقت عقائده الجامدة بالفعل التقدم الطبى. ولم يكن جالينوس موفقا فى ربط نظرياته بالمعالجات المقابلة.

كان إنجيل الطب خلال العصور الوسطى وعصر النهضة هو كتاب "القانون فى الطب" الذى كتبه الطبيب والفيلسوف ابن سينا فى القرن الحادى عشر، كانت الموسوعة الضخمة التى جمعت ونسقت المعرفة الطبية الإغريقية والعربية الكاملة، القانون لابن سينا، أكثر تفصيلا من أعمال جالينوس، وتتميز عنها كونها عمل ضخم منفرد بدلا من مجموعة مبعثرة فى رسائل منفصلة متعددة.

بنى التعليم الطبى فى الجامعات الكبرى عل النصوص الكلاسيكية لأبوقراط وجالينوس وابن سينا، وتركز على تفسير الكلاسيكيات دون مناقشتها أو مقارنتها بالخبرة الإكلينيكية. وعلى الجانب الآخر كان كثير من الأطباء الممارسين لا يحملون درجات علمية، ويستخدمون خليطا من المعالجات الاصطفائية الخاصة بهم[٢٨]، وقد اعتمد أفضلهم ببساطة على مفاهيم أبوقراط حول الحياة النظيفة ومقدرة الجسم على شفاء نفسه.

وكلما تباعدت النظرية العلمية والممارسة عن بعضهما، أصبح علم التشريح مجالا مستقلا فى الدراسة تدريجيًا. وليوناردو دافينشى الذى أصبح أعظم من شرَّح فى عصر النهضة لم يمارس الطب أبدا، بل فى الواقع كان لا يوقر الأطباء كثيرًا، وقد كتب على صفحة من رسوماته التشريحية، "كافح" لكى تحتفظ بصحتك، وفى هذه الحالة ستكون أكثر نجاحًا كلما ابتعدت عن الأطباء(٢٩).

كان أحد المراجع المبكرة فى التشريح "anatomia" التى كتبها موندينو دى لوزى، الأستاذ فى بولونيا فى القرن الرابع عشر، وكان أحد مدرسى العصور الوسطى القلائل الذى مارس التقطيع التشريحى بنفسه(٣٠)، وكان مرجعه الذى تاثر كثيرًا بالمفسرين العرب لجالينوس، قد قدم تعاليم أولية دون تحديد الموقع الدقيق للأعضاء المفردة وطبيعتها. كما أنه بسبب إيجازها ومنفعتها، اعتبر "التشريح" لموندينو مرجعًا فى مدارس الطب فى القرنيين الرابع عشر والخامس عشر.

ليوناردو والكلاسيكيات

وأثناء سنوات تعلمه الذاتى المكثف بميلانو(٣١)، تعرف بنفسه على النصوص الكلاسيكية الأساسية. لم يجمع ليوناردو مكتبة شخصية لا بأس بها فقط، لكنه اطلع على المخطوطات الكلاسيكية فى المكتبات الخاصة للأرستقراطيين الأثرياء، وفى الأديرة كلما أتيحت له الفرصة، أو عند استعارتها من مفكرين آخرين. وتمتلئ مذكراته بملحوظات لنفسه ليستعير أو يطلع على كتب معينة. وحيث إنه لم يكن يعرف إلا القليل من اللغة اللاتينية، فإنه كان يدرس الترجمات الإيطالية، عندما يتاح له الحصول عليها، أو كان يبحث عن المفكرين ليساعدوه فى النصوص اللاتينية.

ونحن نعرف الآن من مذكرات ليوناردو الخاصة، أنه كان يعرف جيدًا Timaeus من حواريات أفلاطون (الشرف). كما كان يمتلك العديد من أعمال

أرسطو، وبصفة خاصة، "الفيزياء". وكانت معرفته بالكتابات الرياضية لأفلاطون وفيثاغورس وأرشميدس وإقليدس ناتجة بشكل أساسى من كتاب لوكا باتشيولى الشهير فى عصر النهضة، والمكتوب باللاتينية. وعندما أصبح ليوناردو وباتشيولى أصدقاء، ساعد باتشيولى ليوناردو فى تعميق مفاهيمه فى الرياضيات وخاصة فى الهندسة وذلك بإرشاده خلال النسخة اللاتينية الكاملة من كتاب "العناصر" لإقليدس(٣٢).

كان اهتمام ليوناردو بالفلك مقصورًا بشكل كبير على دراسة التأثيرات البصرية فى الإدراك البصرى للأجرام السماوية، لكنه كان على دراية تامة بالنموذج البطليموسى لحركة الكواكب. امتلك ليوناردو عدة كتب عن الفلك وعلم رسم الخرائط بما فيها كتاب بطليموس الشهير "كوسموجرافيا" وأعمال الفلكى العربى أبو مشعر(٣٣). وفيما يخص التاريخ الطبيعى كان ليوناردو مثل معظم علماء الإنسانيات فى عصر النهضة على دراية تامة بأعمال أرسطو وبلينى الأكبر وديوسكوريدس، درس ليوناردو النسخة الإيطالية لموسوعة بلينى من التاريخ الطبيعى المطبوعة فى فينيسيا سنة ١٤٧٦، وقرأ كتاب المواد الطبية الشهير لديوسكوريدس، وقد تخطت أعماله فى علم النبات مع ذلك، تلك النصوص الكلاسيكية(٣٤).

وكان الكثير من أعظم إنجازات ليوناردو العلمية فى مجال التشريح، هو ذلك الموضوع الذى درسه بحرص أكبر فى النصوص الكلاسيكية. امتلك ليوناردو النسخة الإيطالية من كتاب التشريح لموندينو، واستخدمه مرشدًا مبدئيًا لتشريح الجهاز العصبى والأجزاء الأخرى من الجسم، ومن خلال موندينو أصبح متآلفًا مع نظريات جالينوس وابن سينا، وبالتالى درس النسخة الإيطالية لكتاب القانون فى الطب الكلاسيكى لابن سينا. ولابد أن يكون من المحتمل أن ليوناردو قد قرأ بعض أعمال جالينوس باللغة اللاتينية بمساعدة عالم التشريح الشاب مارك أنطونيو ديلا تورى الذى قابله أثناء وجوده فى ميلانو فى المرة الثانية(٣٥)، وكونه درس

باستفاضة أعلام الطب الثلاثة الأساسيين فى عصره - جالينوس وابن سينا وموندينو - أصبح ليوناردو يمتلك أساسا صلبا فى التشريح الكلاسيكى وتشريح عصر النهضة، والذى بنى عليه إنجازاته المتميزة.

شارك ليوناردو دافينشى رفاقه من علماء الإنسانيات ثقتهم العظيمة فى مقدرة الأفراد من البشر وشغفهم برحلات الاستكشاف، وحماسهم حول إعادة اكتشاف النصوص الكلاسيكية من العصور القديمة، لكنه اختلف عن معظمهم بشكل درامى برفضه تقبل تعاليم الأعلام الكلاسيكيين دون أى مناقشة، درسهم ليوناردو بحرص شديد ثم اختبرهم بتعريضهم لمقارنة عنيفة مع تجاربه الشخصية وملاحظاته المباشرة للطبيعة. وبهذه الطريقة، فإننى أدفع بأن ليوناردو طور بمفرده ودون مساعدة من أحد منهجًا جديدًا للمعرفة، يعرف اليوم بالمنهج العلمى.

الفصل السادس

العلم الناتج عن الخبرة

اشتقت الكلمة الحديثة "العلم Science" اليوم من الكلمة اللاتينية "Scientia" والتى تعنى "المعرفة"، وهو المعنى الذى ظل طوال العصور الوسطى وعصر النهضة، والفهم الحديث للعلم كمجموعة منتظمة من المعارف، اكتسبت من خلال طريقة معينة، تطور تدريجيًا خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، ولم يتم الاعتراف الكامل بخصائص المنهج العلمى إلا خلال القرن العشرين، ومازال يساء فهمه مرارا، وخاصة من قِبل عامة الناس.

المنهج العلمى

يمثل المنهج العلمى طريقة معينة لاكتساب المعرفة حول الظواهر الطبيعية، وهى تتضمن أولا الملاحظة المنهجية للظواهر التى تجرى دراستها وتسجيل تلك الملاحظات كأدلة أو كبيانات علمية. وفى بعض العلوم مثل الفيزياء والكيمياء والبيولوچيا، تتضمن الملاحظات المنهجية إجراء تجارب يتم التحكم فيها، أما فى بعض العلوم الأخرى مثل الفلك أو الإحاثة، فإن ذلك غير ممكن.

ثم يحاول العلماء تشبيك البيانات بطريقة منسقة وخالية من التناقضات الداخلية. ويسمى التمثيل الناتج عن ذلك بالنموذج العلمى، ونحاول كلما أمكن أن نصوغ نماذجا بلغة رياضية، لأن الرياضيات تتميز بالدقة والتماسك الداخلى، فإنه فى حالات كثيرة، وخاصة فى العلوم الاجتماعية، تمثل هذه المحاولات مشكلة؛

حيث إنها تميل إلى تقييد النماذج العلمية فى نطاق ضيق لدرجة أن هذه العلوم تفقد الفائدة المرجوة منها. وهكذا توصلنا على مدى العقود القليلة الأخيرة، إلى الإقرار بأنه لا الصياغة الرياضية، ولا النتائج الكمية مكونات ضرورية للمنهج العلمى.

وأخيرا، يتم اختبار النموذج النظرى بالملاحظات الأكثر، وإن أمكن بالتجارب الإضافية. فإذا وجد أن النموذج متسق مع كل نتائج هذه الاختبارات، وبصفة خاصة إذا كان قادرًا على التنبؤ بنتائج تجارب جديدة، فإنه فى النهاية سيصبح مقبولا كنظرية علمية، وعملية تعريض الأفكار والنماذج العلمية للاختبارات المتكررة هى مساهمة جماعية من جموع العلماء، وقبول مثل هذا النموذج كنظرية يتم بشكل ضمنى أو واضح من إجماع ذلك المجتمع.

وعمليًا، فإن مثل هذه الخطوات أو المراحل لا تنفصل عن بعضها البعض بوضوح، ولا تحدث باستمرار بنفس الترتيب؛ فمثلا ربما يصوغ أحد العلماء تعميما أوليا أو فرضية مبنية على الحدس أو على بيانات أولية بدائية، وعندما تتعارض الملاحظات المتعاقبة مع الفرضية، فقد يحاول الباحث تحوير الفرضية دون أن يتخلى عنها تماما. لكن إذا استمرت الأدلة فى التعارض مع الفرضية أو النموذج العلمى، يضطر العالم عندئذ إلى التخلى عنها لصالح فرضية أو نموذج جديد، والذى بدوره سيتعرض لاختبارات أكثر، وحتى النظرية المقبولة قد يتم التخلى عنها فى النهاية عندما تظهر إلى النور حجج أو أدلة تتعارض معها، وهذه الطريقة من بناء كل النماذج والنظريات بحزم على أدلة أولية، هى جوهر المسلك العلمى نفسه.

وكل النماذج والنظريات العلمية محدودة وتقريبية. وقد أصبح هذا التحقق حاسما بالنسبة للفهم المعاصر للعلوم[١]، وقد أظهر علم القرن العشرين بشكل متكرر أن كل الظواهر الطبيعية ترتبط فى النهاية ببعضها البعض، وأن خواصها الأساسية فى الحقيقة تنبع من علاقاتها مع الأشياء الأخرى. وعليه، لتفسير أى خاصية منها بشكل

تام لابد لنا أن نفهم كل الخواص الأخرى، ومن الواضح أن ذلك مستحيل؛ فقد أجبرتنا هذه النظرة الثاقبة على التخلى عن المعتقدات الديكارتية عن التيقن فى المعرفة العلمية، وأن نعترف بأن العلوم لا يمكن أن تقدم أبدا تفسيرا كاملا ومحددا، وفى العلم، إذا تحدثنا بوضوح تام، فإننا لا نتعامل أبدا مع الحقيقة، بمعنى التوافق الدقيق بين وصفنا والظواهر الموصوفة، إنما نتعامل دائما مع معرفة محدودة وتقريبية.

وقد يبدو ذلك محبطا، لكن بالنسبة لكثير من العلماء، فإن حقيقة أننا نستطيع صياغة نماذج ونظريات تقريبية لوصف شبكة لا نهائية من الظواهر المتشابكة، وأننا قادرون على تطوير نماذجنا أو تقريباتنا منهجيا بمرور الزمن، هو مصدر للثقة والقوة، وكما صاغ لويس باستير، البيوكيميائى العظيم، الأمر "تتقدم العلوم خلال إجابات مؤقتة على سلسلة من أسئلة متقنة أكثر فأكثر، والتى تصل أعمق وأعمق إلى جوهر الظواهر الطبيعية[٢]".

أسلوب ليوناردو الأولى

وقبل أن يتم الإقرار بالمنهج العلمى بخمسمائة سنة، ووصفه رسميا بواسطة الفلاسفة والعلماء، قام ليوناردو دافينشى بمفرده بتطوير وممارسة خواصه الأساسية - دراسة الأدبيات المتاحة، والملاحظات المنهجية، والتجريب، والقياسات الدقيقة المتكررة، وصياغة النماذج النظرية، والمحاولات المتكررة للتعميمات الرياضية.

وقد ظهر إلى النور الفهم الشامل لطريقة ليوناردو حديثا فقط وذلك بالتأريخ الدقيق لمذكراته، والتى جعلت من الممكن الآن تتبع تطور أفكاره وتقنياته، وعلى مدى قرون كان يجرى ترتيب أجزاء منتقاة من مذكراته المنشورة وفقا للموضوع، وكثيرا ما كانت تقدم مقولات متناقضة من فترات مختلفة لحياة ليوناردو، لكن فى خلال العقود الثلاثة الأخيرة، تم فى النهاية تأريخ المذكرات بطريقة صحيحة.

تطور الاختبار النقدى وتأريخ المخطوطات القديمة المعروف باسم باليوجرافيا (paleography) إلى علم متقدم[٣]، وفى حالة مذكرات ليوناردو لا يتضمن التأريخ فقط تقييم التواريخ الفعلية، والرجوع إلى الأحداث الخارجية، والمراجع المختلفة المتداخلة، بل أيضا التحليل شديد الدقة لتطور أسلوب ليوناردو فى الكتابة والرسم على مدار حياته؛ وكذلك استخدامه لأنواع مختلفة من الورق (كثيرا ما كان به علامات مائية مميزة)، وأنواع مختلفة من ريشة الكتابة والحبر، ومواد الكتابة الأخرى فى أوقات مختلفة؛ وكذلك مقارنة ومزج مجموعة من البقع والتمزيقات والطيات الخاصة، وكل العلاقات المضافة الأخرى بواسطة الذين قاموا بجمع المذكرات عبر القرون.

ونتيجة لهذا العمل الدءوب، والذى تم على مدار عدة عقود تحت قيادة كارلو بيدريتى، أصبحت كل مخطوطات ليوناردو منشورة فى شكل صور طبق الأصل مع نسخ من النص الأصلى مسجلة ومدونة بحرص، كما تم تأريخ مقاطع من الفترات المختلفة لحياة ليوناردو بدقة - أحيانا حتى على نفس ملف المخطط. وهذه النسخ الأكاديمية المنشورة جعلت من الممكن التعرف على تطور نماذج ليوناردو النظرية والكمال المتدرج لطرقه فى الملاحظات والتمثيل على الصفحة، وهكذا لإقرار سمات أسلوبه العلمى والذى لم يكن ليتم الاعتراف به من قبل[٤].

كان أحد التغيرات الثورية التى جاء بها ليوناردو فى الفلسفة الطبيعية فى القرن الخامس عشر، هو الاعتماد الذى لا يكل على الملاحظة المباشرة للطبيعة. وبينما كان الفلاسفة والعلماء الإغريق يتجنبون التجريب، وكرر معظم علماء الإنسانيات فى عصر النهضة النصوص الكلاسيكية دون أى نقد فعال، فإن ليوناردو لم يكل قط من التأكيد على أهمية سبيرينزا (Sperienza)، أى الخبرة المباشرة بالظواهر الطبيعية، ومنذ بداياته المبكرة، عندما بدأ فحوصاته العلمية وحتى أيامه الأخيرة، كان ينثر على صفحات مذكراته إعلانات حول الأهمية الحاسمة للملاحظات والتجريب المنهجى.

ذكر ليوناردو فى مذكراته الأولى كوديكس تريفولسيانوس[٥] "تأخذ كل معرفتنا مصدرها من الحواس، والحكمة هى بنت الخبرة، "ونقرأ فى مخطوط فورستر[٦]، وفى رسالته حول فن الرسم، حيث يؤكد ليوناردو أنه" تبدو كل تلك العلوم بالنسبة لى أنها مختالة ومليئة بالأخطاء التى لم تأت من الخبرة، التى هى أم التيقن.... أى، والتى لم تمر سواء فى البداية أو المنتصف أو النهاية من خلال أى من الحواس الخمسة[٧]. ولم يكن مثل هذا الأسلوب فى دراسة الطبيعة معروفًا فى أيام ليوناردو ولم يبزغ إلا فى القرن السابع عشر، عصر الثورة العلمية.

ازدرى ليوناردو الفلاسفة المعروفين الذين كانوا يستخلصون النصوص الكلاسيكية باللاتينية والإغريقية فقط، وقد كتب بازدراء يقول: "إنهم يتباهون وهم منفوخون ومختالون ويظنون ويتزينون ليس بأعمالهم الخاصة بل بأعمال الآخرين[٨]". وقد أقر ليوناردو أن التعلم من الأساتذة المهرة أمر مهم فى الفنون، لكنه لاحظ أيضا أن وجود مثل هؤلاء الأساتذة شىء نادر، واقترح "الوسيلة الأكثر تأكيدا هى أن تذهب إلى أمور الطبيعة، بدلا من أولئك الذين يحاكونها بتدمير كبير، وبذلك يكتسبون عادات سيئة؛ والإنسان الذى يذهب إلى البئر لا يذهب إلى دلو الماء[٩]".

وعندما تخطى ليوناردو الستين من عمره، وأثناء إقامته فى روما كان يعمل على حل مسائل فى الميكانيكا، وكان يملأ صفحات من مذكرة صغيرة بمجموعة من الأشكال التفصيلية للموازين والبكرات، كتب يقول، فى لحظة ما، "سأحدد الآن طبيعة مكونات الموازين....". وعندئذ – كما لو كان يفكر فى قراء المستقبل، الذين فى حاجة للتعلم عن العلم – وقد قطع كتاباته ليضيف إعلانه الشهير عن منهجه العلمى:

> لكننى أولا سأقوم ببعض التجارب قبل أن أواصل أبعد من ذلك، لأنه فى رأيى أن أستشهد بالخبرة أولا، ثم بعد ذلك بالتفكير، وأوضح لماذا مثل هذه الخبرة مرتبطة فى عملها بمثل هذه الطريقة. وهذه هى القاعدة الصحيحة التى يجب أن يعمل بها أولئك الذين يتناولون تأثيرات الطبيعة[١٠].

وفى التاريخ الفكرى لأوروبا عادة ما ينسب شرف أول من طور هذا النوع من الأسلوب الأولى الصارم إلى جاليليو الذى ولد بعد ليوناردو ب ١١٢ سنة، والذى كثيرا ما يقدر على أنه "أبو العلم الحديث"، وليس هناك من شك أن هذا الشرف كان يمكن أن يناله ليوناردو لو كان قد نشر كتاباته العلمية أثناء حياته، أو لو كانت مذكراته قد درست على نطاق واسع بعد وفاته مباشرة.

وينسب الأسلوب الأولى بشكل طبيعى إلى ليوناردو. كان يتمتع بقوة ملاحظة غير عادية وذاكرة بصرية متوقدة مقرونة بمهاراته العظيمة فى الرسم[١١]. ويقترح مؤرخ الفنون كينيث كلارك أنه كان لدى ليوناردو "عين حادة فوق مستوى البشر والتى بها ... تتبع حركات الطيور أو الموجة، وفهم بنية قرون البذور أو الجمجمة، ودون أتفه الإشارات أو الإيماءات المراوغة[١٢]".

وما حوّل ليوناردو من رسام ذى موهبة فذة على الملاحظة إلى عالم كان إقراره بأن ملاحظاته تحتاج أن يتم إجراؤها بطريقة مرتبة ومنهجية لتصير علمية. وتجرى التجارب العلمية مرات ومرات فى ظروف مختلفة لاستبعاد عوامل الصدفة والأخطاء التقنية بقدر الإمكان، وتتغير مؤشرات العوامل التجريبية لإلقاء الضوء على العوامل الأساسية غير المتغيرة للظواهر التى يجرى فحصها، وهذا بالضبط ما فعله ليوناردو. ولم يكل ليوناردو أبدا من إجراء تجاربه وملاحظاته مرات ومرات، بانتباه دقيق لأصغر التفاصيل، وكثيرا ما كان يغير من مؤشراته بطريقة منهجية ليختبر اتساق نتائجه. وقد كتب مؤرخ الفنون إريك جومبريتش يقول: " يمكننا فقط أن نعجب بشهية الأستاذ النهمة للتفاصيل، ويبدو أن مجال أنشطته وتعطشه البالغ للمعرفة لم تتعارض إطلاقًا مع قوته الملهمة والمرعبة على التركيز، التى جعلته يدرس نباتا واحدا أو عضلة واحدة أو كُم أو رُدْن واحد، أو، فى الحقيقة، أى مسألة هندسية، كما لو أنه لا يوجد أى شىء آخر يشغله[١٣]".

ويعلق ليوناردو فى مذكراته بصفة دائمة حول كيفية إجراء تجربة بشكل جيد، وركز بصفة خاصة على الحاجة إلى التكرار والتوزيع الدقيق، وهكذا نقرأ فى المخطوطة A: "قبل أن تتوصل إلى قاعدة عامة لهذه الحالة، اختبرها مرتين أو ثلاث مرات ولاحظ ما إذا كانت الاختبارات تؤدى إلى نفس التأثيرات."، ويذكر فى المخطوطة M: "ويجب إجراء هذه التجربة عدة مرات، حتى لا يحدث شيء بالصدفة يعوق الاختبار أو يتسبب فى الأخطاء[١٤]".

ولأنه كان مبتكرا رائعا ومهندسا ميكانيكيا متميزا، فإن ليوناردو كان قادرا على تصميم تجارب عبقرية بأبسط الوسائل؛ فمثلا حبوب الدخن أو عيدان القش الملقاة فى ماء جارٍ، قد ساعدته فى تخيل ورسم أشكال خطوط السريان، وخاصة العوامات المصممة، والمعلقة على أعماق مختلفة من نهر جارٍ، الأمر الذى سمح له بقياس سرعة المياه عند مستويات مختلفة وأبعاد مختلفة من شاطئ النهر[١٥]. وقد شيد غرفا زجاجية وفرش قواعدها بالرمل ودهن حوائطها الخلفية باللون الأسود؛ ليلاحظ التفاصيل الدقيقة لحركة الماء فى ظروف معملية محددة[١٦].

كان على ليوناردو أن يخترع ويصمم أجهزة قياساته، وقد تضمنت تلك تصميما لقياس سرعة الرياح، ومقياسا للرطوبة ليقيس رطوبة الهواء، وأنواعا مختلفة لعدادات المسافات ليقيس مسافات السفر. وفى عملية قياس ومسح الأراضى كان ليوناردو فى بعض الأحيان يربط بندولا على فخذه حيث تتحرك أسنان العجلة المسننة لتحصى عدد خطواته، وفى أحيان أخرى كان يستخدم عربة بها عجلة مسننة، والعجلة المسننة مصممة لتتقدم سنة واحدة كل عشرة براكيا (braccia) (حوالى ٢٠ قدمًا) من الرحلة، إلى أن يسمع سقوط حصوة فى حوض فلزى عند قطع ميل من الطريق[١٧]، وبالإضافة لذلك، قام بعدد كبير من المحاولات لتحسين آليات الساعات لقياس الزمن، والتى كانت لا تزال فى مهدها فى أيامه[١٨].

أظهر ليوناردو فى ملاحظاته وتجاربه العلمية نفس الصبر والاهتمام الدقيق بالتفاصيل، الذى مارسه كرسام، ويلاحظ ذلك بصفة خاصة فى أبحاثه عن التشريح؛ فمثلا فى إحدى عمليات التشريح صب فى تجويف المخ المعروف بالتجويف الدماغى شمعا لكى يحدد شكله، وكتب فى دراساته التشريحية: "اصنع ثقبين للتهوية، فى قرون التجويفات الأكبر، وصب الشمع المنصهر بواسطة حقنة، ثم عندما يستقر الشمع قم بتشريح الدماغ وسترى شكل التجويفات الثلاثة بالضبط[١٩]"، وقد ابتكر كذلك تقنية عبقرية أخرى على نفس الدرجة من العبقرية لتشريح العين. وكما يصف الطبيب شيروين فولاند:

> فى تشريح العين، العضو الصعب تشريحه، واتت ليوناردو فكرة أن يغمر العين أولا فى بياض البيض، ثم غليهما، وذلك لإنتاج متجلط [كتلة سميكة] قبل تقطيعها إلى أنسجة. وتطبق تقنية مثيلة بشكل روتينى هذه الأيام ليتمكن من تقطيع البنى الهشة[٢٠].

كان السلوك المنهجى والاهتمام الحريص بالتفاصيل الذى استخدمه ليوناردو فى ملاحظاته وتجاربه هما سمة لكل طرقه فى الفحوصات العلمية، وكان عادة ما يبدأ من المفاهيم والتفسيرات المقبولة، وكثيرا ما كان يلخص ما جمعه من المراجع الكلاسيكية قبل أن يبدأ فى تحقيقها بملاحظاته الشخصية. كان يدون باختصار هذه الملخصات على شكل اسكتشات سريعة أو حتى رسومات تفصيلية، وقبل التاريخ الدقيق للمذكرات، كانت تلك الرسومات ترى على أنها إشارة على عدم الإلمام الكافى بالمعرفة العلمية عند ليوناردو أكثر من كونها "استشهاد" بها كفكرة متقبلة كما هى بالفعل.

فمثلا، فإن "شكل المضاجعة" المعروف جيدا من مجموعة الرسومات التشريحية بوندسور، والتى تظهر الأعضاء التناسلية للذكر، والتى هى غير

صحيحة على الأغلب، كانت ترى لفترة طويلة كانعكاس لقلة فهم ليوناردو للتشريح، إلا أنه، وفى وقت أحدث، تم الاعتراف بتلك الرسومات بواسطة مؤرخ الطب والمتخصص فى ليوناردو كينيث كيل، على أنها تصورات ليوناردو لما قرأه فى حواريات أفلاطون "الشرف"، وقد استخدمها نقطة بداية لاستكشافاته التشريحية لعمليات التكاثر البشرى(٢١).

وكان ليوناردو، بعد اختباره للأفكار التقليدية عدة مرات، عن طريق الملاحظة الدقيقة والتجارب، إما أن يتمسك بتلك الأفكار إذا وجد أنها لا تتعارض مع استنتاجه، أو يصوغ تفسيراته البديلة، وفى بعض الأحيان يستغنى ليوناردو عن أى تعليق بالمرة، معتمدا كلية على قوة إقناع رسوماته.

كان ليوناردو عموما يعمل على عدة مشكلات فى آن واحد ويبدى اهتماما خاصا لتماثل الأشكال والعمليات فى مجالات الفحص المختلفة - فمثلا، التماثل بين القوى الناتجة عن البكرات والروافع، وتلك الناتجة بواسطة العضلات والأوتار والعظام، وكذلك التماثل بين أنساق اضطراب الماء والهواء، وسريان النسغ فى النباتات والأشجار وسريان الدم فى جسم الإنسان.

كان ليوناردو عندما يحقق تقدما فى فهمه للظواهر الطبيعية فى مجال ما، يكون دائما على دراية بالتماثلات والأنساق المتشابكة للظواهر فى مجالات أخرى، مما يجعله يعيد النظر فى أفكاره النظرية وفقا لذلك، وقد أدت به هذه الطريقة إلى تناول كثير من المشاكل ليس مرة واحدة بل مرات عديدة فى فترات مختلفة من حياته، معدلا نظرياته فى خطوات متتالية كلما تطور تفكيره العلمى على مدى حياته.

وطريقة إعادة تقييم ليوناردو مرارا وتكرارا لأفكاره النظرية فى مجالات متنوعة كانت تعنى أنه لم ير أبدا أيا من تفسيراته على أنها "نهائية"، حتى وعلى الرغم من أنه كان يعتقد فى التيقن فى المعرفة العلمية، مثل معظم الفلاسفة والعلماء

على مدى الثلاثمائة سنة التى تلت ذلك، فإن الصياغات النظرية المتعاقبة فى مجالات كثيرة تماثل تماما النماذج النظرية التى هى من خصائص العلم الحديث؛ فمثلا، اقترح عدة نماذج مختلفة لوظيفة القلب ودوره فى الحفاظ على سريان الدم، بما فى ذلك تصوره للقلب على أنه موقد يختزن نارا مركزية، وذلك قبل أن ينتهى إلى أن القلب هو عضلة تضخ الدم عبر الشرايين(٢٢). وقد استخدم ليوناردو كذلك نماذج مبسطة أو تقريبات كما قد نقول اليوم – لتحليل السمات الأساسية للظواهر الطبيعية المعقدة. فمثلا، مثّل سريان الماء خلال قناة متغيرة المقطع باستخدام نموذج من صفوف من الرجال يسيرون فى شارع متغير الاتساع(٢٣).

كان ليوناردو مثل علماء العصر الحديث، على استعداد دائم أن يراجع نماذجه عندما يتطلب المنطق منه ذلك، وكان فى فنه، كما فى علمه، يبدو دائما أكثر اهتماما بعملية الاكتشاف أكثر من إنهاء العمل أو النتائج النهائية، وهكذا ظل الكثير من لوحاته ومن علمه فى تقدم غير منته.

وتلك هى صفة عامة للمنهج العلمى الحديث، ومع أن العلماء ينشرون أعمالهم فى مراحلها المختلفة فى مقالات ووسائل ومراجع، فإن العلم ككل هو عمل دائم التقدم. وتواصل النماذج والنظريات الحديثة إحلالها محل النماذج والنظريات القديمة، والتى ينظر إليها على أنها أكثر تفوقا ولكن مع ذلك فهى محدودة وتقريبية ومقدر لها أن تستبدل بدورها مع تقدم المعرفة.

ومنذ الثورة الصناعية فى القرن السابع عشر، كان هذا التقدم فى العلوم عملا جماعيا، ويقوم العلماء باستمرار بتبادل الرسائل والمقالات والكتب ومناقشة نظرياتهم فى التجمعات المختلفة. كان هذا التبادل المستمر للأفكار موثقا جيدا مما جعل من السهل تماما للمؤرخين أن يتتبعوا تقدم العلم عبر القرون، فإن الأمر كان مختلفا تماما بالنسبة لليوناردو؛ فقد كان يعمل منفردا وفى سرية، ولم ينشر أيا من اكتشافاته، وكان نادرا ما يؤرخ مذكراته، وبالإضافة لذلك، كان ينسخ مقتطفات من

أعمال مفكرين آخرين بصورة متكررة فى مذكراته دون أن ينسبها لأصحابها، وحتى دون أن ينص على أنها اقتباسات، وبذلك ظن المؤرخون لفترة طويلة أن بعض هذه الفقرات المنسوخة كانت أفكارا أصلية لليوناردو نفسه.

ولأن ليوناردو كان رائدا فى المنهج العلمى بصورة منعزلة، فإنه لم ير العلم على أنه نشاط جمعى تعاونى؛ ولذلك كان أى تقدم فى علمه أثناء حياته، واضح له وحده، وعلى الباحثين اليوم الانشغال بعمل بوليسى مضنٍ لإعادة بناء تطور التفكير العلمى عنده.

المذكرات

سجل ليوناردو نتائج ملاحظاته وتجاربه، ونماذجه النظرية، وتخميناته الفلسفية فى آلاف الصفحات من المذكرات، بعض منها على شكل رسائل جيدة الترتيب فى مراحل مختلفة من اكتمالها، لكن معظمها كان على شكل مذكرات غير متصلة، ورسومات دون أى ترتيب ظاهر، وكان فى بعض الأحيان يخربش على نفس الملف فى أوقات مختلفة. وحتى على الرغم من أن المتاح الآن طبعات علمية بنسخ أصلية واضحة لكل مذكراته، وكثير من صفحاتها قد تم تأريخها بعناية، فإن مذكرات ليوناردو ورسوماته من الضخامة، وموضوعاتها متشعبة لدرجة أنه مازال الكثير من العمل لابد من القيام به من أجل التحليل الكامل لمحتوياتها العلمية ولتقييم أهميتها.

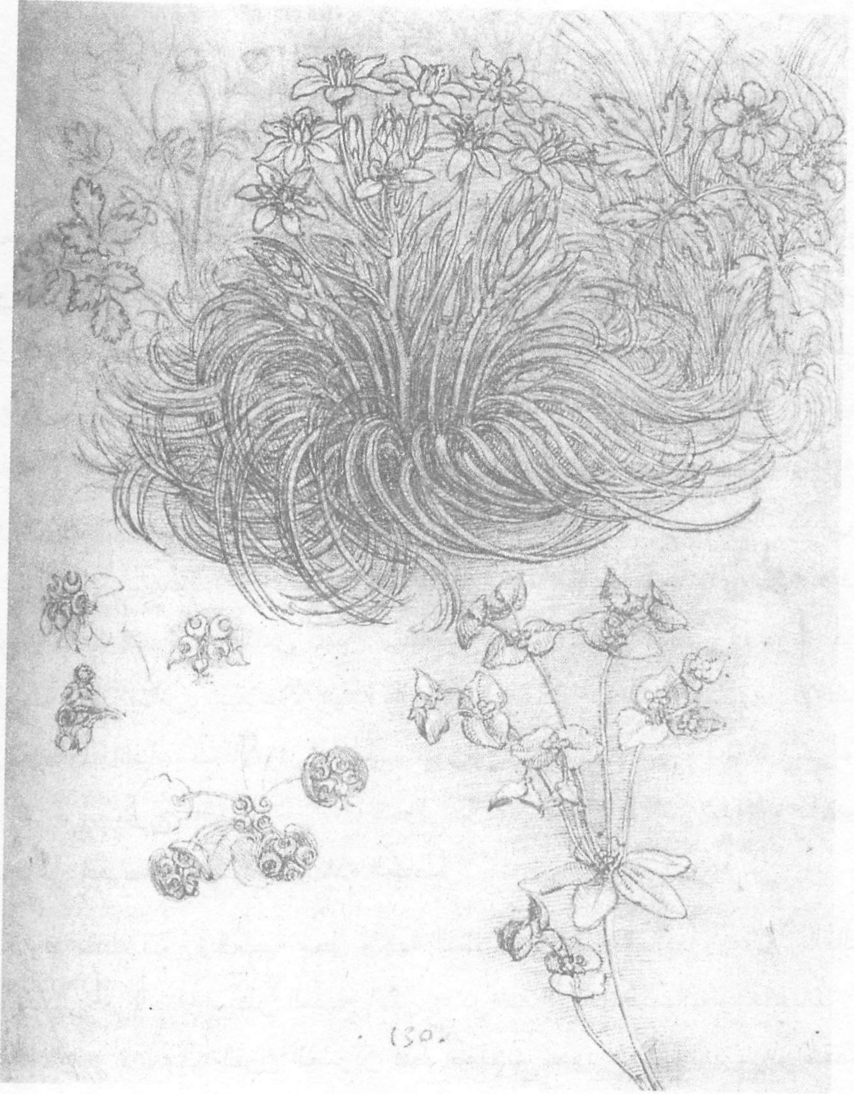
ومن الصعب قراءة النص الأصلى للمذكرات، ليس لأنها مكتوبة فى صورة مرآة وغير مترابطة فى أغلب الأحيان فقط، لكن لأن تهجية الكلمات وتركيب جمله عالية الخصوصية، وكان يبدو دائما وكأنه فى عجلة لتدوين أفكاره، مرتكبا أخطاء تافهة وغلطات، وغالبا ما كان يشبك الكلمات بعضها ببعض دون أن يترك مسافات بينها، أما الترقيم فكان عمليا غير موجود فى كتاباته؛ فالنقاط (الترقيم الوحيد الذى كان يستخدمه) قد نقابلها كثيرا فى بعض المخطوطات وتغيب تماما فى البعض

الآخر. وبالإضافة لذلك، مثل أى شخص معتاد على كتابة مذكراته الشخصية بانتظام وبشكل مكثف، كان ليوناردو يستخدم شفرة خاصة به للاختصارات والاختزالات.

وفى القرن الخامس عشر، لم تكن تهجية الكلمات فى اللغة الإيطالية القياسية قد تم إرساؤه بعد[٢٤]، وكان النساخ (الكتبة) يسمحون لأنفسهم بتنويعات لا بأس بها، ووفقا لذلك، كان ليوناردو يغير من تهجية الكلمات عشوائيا تماما، مسجلا صوت الكلمات المنطوقة بطريقته الخاصة بدلا من اتباع أى تقليد مكتوب.

وإذا أخذنا كل ذلك فى اعتبارنا، فإن هذه الخصوصيات تمثل عقبات لا بأس بها أمام قارئ النصوص الأصلية لليوناردو، ولحسن الحظ مع ذلك، قدم العلماء لنا نوعين من النسخ، والتى أعادت جنبا إلى جنب، حل كل هذه المشاكل بينما كانت تتبع كلمات ليوناردو نفسها ما أمكن ذلك[٢٥]. وتقدم النسخ التى تحمل الاسم "دبلوماسية" نسخة مطبوعة للنص بطريقة كتابة ليوناردو بالضبط، بكل اختصاراته، وخصوصيته فى تهجية الكلمات، وأخطائه، والكلمات المشطوبة والأمور الشاذة الأخرى، والنسخة "النقدية" المرافقة لها، هى نسخة منقحة للنص حيث تم فيها التخلص من الاختصارات والأخطاء، وتم إحلال التهجية القديمة والخاطئة للكلمات بنظيراتها الإيطالية الحديثة، بما فى ذلك الترقيم الحديث، كلما أمكن ذلك دون التأثير على الترقيم الفلورنسى الأصلى.

ونتج من هذه النسخ النقدية نص سلس متحرر من كل العقبات المذكورة، يتيح لأى شخص يجيد الإيطالية بشكل معقول أن يقرأها دون صعوبات كثيرة، وتجعل مثل هذه القراءة ، بوضوح، لغة ليوناردو فصيحة جدا، وغالبا ظريفة، وفى بعض الأحيان جميلة وشاعرية بشكل مثير، وتستحق كتابات ليوناردو أن تُقرأ بصوت مسموع لتقدير جمالها، لأن الوسط الذى فيه ليوناردو كان هو الكلمة المنطوقة بدلا من النص المكتوب المركب بعناية، ولإظهار حججه، كان ليوناردو يستخدم القوة المقنعة لرسوماته، جنبا إلى جنب مع الإيقاع الأنيق للغته التوسكانية الأصلية. ولنتحول الآن إلى الخصائص المحورية لعلم ليوناردو الذى نوقش وتطور فى مذكراته.



شكل (٦-١): التفاف أوراق نجم بيت لحم، تقريبا ١٥٠٨، مجموعة وندسور، ودراسات المشاهد والنباتات والماء، ملف ١٦٢

علم الأشكال الحية

منذ البدايات الأولى للفلسفة والعلوم الغربية، كان هناك توتر بين الآلية والشمولية، وبين دراسة المادة .(أو المادة أو البنية أو الكمية) ودراسة الشكل (أو النسق أو الترتيب أو النوعية)[٢٦]. كان ديمقريطس وجاليليو وديكارت ونيوتن هم أبطال دراسة المادة، أما أبطال دراسة الشكل فكانوا فيثاغورس وأرسطو وكانت وجوته. تتبع ليوناردو تقاليد فيثاغورس وأرسطو، وربطها بطريقته الأولية الصارمة، ليصوغ علما عن الأشكال الحية، وأنساق ترتيباتها، وعمليات نموها وتحولها، وكان على إدارك عميق بالترابط الأساسى لكل الظواهر ببعضها البعض، والاعتماد المتبادل وتبادل الأجيال لكل الأجزاء العضوية التامة، والذى عرفه إيمانويل كانت فى القرن الثامن عشر "بالتنظيم الذاتى"[٢٧]. وقد لخص ليوناردو فى مخطوطة أتلانتيكاس، ببلاغة، فهمه العميق لعمليات الحياة الأساسية، لإعادة صياغة مقولة الفيلسوف الأيونى(*) أناكساجوراس: "يأتى كل شىء من كل شىء، وكل شىء مصنوع من كل شىء، ويتحول كل شىء إلى كل شىء، لأن ما هو موجود فى العناصر مصنوع مُن هذه العناصر[٢٨]".

وقد حلت الثورة العلمية محل وجهة النظر الأرسطية العالمية، بمفهوم العالم كآلة، ومنذ تلك اللحظة سيطر المنهج الآلى - دراسة المادة والكميات والمكونات - على العلم الغربى، وفى القرن العشرين فقط أصبحت حدود العلم النيوتونى واضحة تماما، وبدأت وجهة النظر الآلية الديكارتية للعالم تفسح المجال لوجهة النظر الشمولية والإيكولوجية، التى تختلف عن تلك التى طورها ليوناردو دافينشى[٢٩].

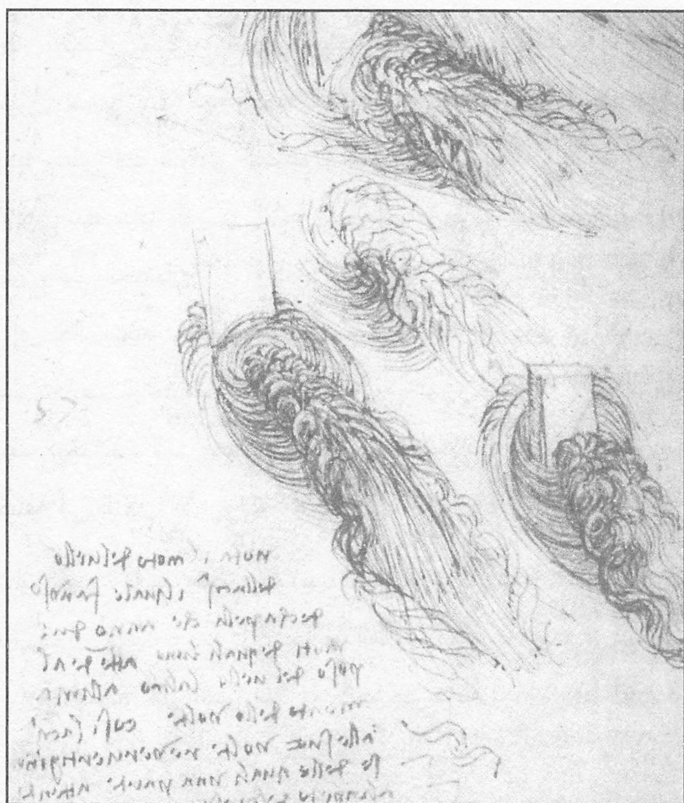
(*) أحد سكان أيونا وأبنائه، أو من قطنوا أتيكا من أصل مسينى. (المترجم والمراجع)

ومع ازدهار التفكير المنهجى، وتأكيده على الشبكات، والتعقيد وأنساق الترتيب، فإننا نستطيع الآن الإقرار كلية بسلطة علم ليوناردو وتواؤمه مع عصرنا الحديث.

العلم عند ليوناردو هو علم النوعيات، والأشكال، والنسب بدلا من الكميات المطلقة، وكان يفضل تصوير أشكال الطبيعة فى رسوماته بدلا من وصفها، وقام بتحليلها بمدلول نسبها بدلا من الكميات المقاسة، كان ينظر للنسب بواسطة فنانى عصر النهضة على أنها جوهر التناغم والجمال. ملأ ليوناردو كثيرا من صفحات مذكراته بأشكال تفصيلية لنسب الأجزاء المختلفة للجسم البشرى، ورسم أشكالا مقابلة لتحليل جسم الحصان[٣٠]. وكان غير مهتم كثيرا بالمقاييس المطلقة، والتى كانت على أى حال غير دقيقة وغير مهمة فى عصره، كما هو الحال فى العصر الحديث؛ فمثلا كانت الوحدات القياسية للطول والوزن ـــ الذراع والرطل – وكان كلاهما يختلف باختلاف المدن الإيطالية من فلورنسا إلى ميلانو إلى روما، كما كان لهما قيم مختلفة فى الدول الأوروبية المجاورة[٣١].

كان ليوناردو دائما متأثرا بتشعب وتنويعات الأشكال الحية، وقد كتب فى أحد مقاطعه حول كيفية رسم الأشجار "الطبيعة مبهجة وغزيرة فى تنويعاتها، لدرجة أنه بين الأشجار من نفس النوع، لا يوجد نبات يماثل نباتا آخر فى الجوار، وليس ذلك وقفا على النباتات ككل فقط، بل كذلك بين الأغصان والأوراق والثمار ولن تجد واحدا منها يشابه بالضبط آخر[٣٢]".

أقر ليوناردو أن هذا التنوع اللانهائى هو خاصية محورية للأشكال الحية، لكنه كذلك حاول أن يصنف الأشكال التى درسها فى طرز مختلفة.



شكل (٦ – ٢) سريان الماء والشعر البشرى، حوالى ١٥١٣، مجموعة وندسور، دراسات المشاهد والنباتات والماء، ملف 48r



شكل (٦ – ٣) الغضب على وجه الرجل والحصان والأسد، حوالى ١٥٠٣-٤، مجموعة وندسور، خيول وحيوانات أخرى، ملف ١١٧٢.

أعد ليوناردو قوائم بأجزاء الجسم المختلفة، مثل الشفاه والأنوف، وعرف الأنواع المختلفة من أشكال البشر، وتنويعات أنواع النباتات، وحتى فصائل دوامات الماء،[٣٣] وكان كلما شاهد أشكالا طبيعية سجل سماتها الأساسية فى رسومات وأشكال، وصنفها فى طرز إذا أمكن، وحاول أن يفهم العمليات والقوى التى وراء تكوينها.

وبالإضافة إلى التنويعات داخل نوع معين، اهتم ليوناردو بتماثلات أنساق الظواهر الطبيعية المختلفة، تحتوى المذكرات عددا لا يحصى من رسومات مثل هذه الأنساق –التماثلات التشريحية بين ساق الإنسان وساق الحصان، وتماثل الحركات الدورانية للدوامات مع أوراق نباتات معينة (شكل ٦ــ١)، وتماثل سريان الماء وانسياب شعر الإنسان (شكل ٦–٢) وهكذا. وقد كتب ملاحظات على أحد ملفات الرسومات التشريحية، ذكر منها أن الأوعية فى جسم الإنسان تسلك مثل البرتقال، "والذى فيه كلما زاد سمك الجلد، قل حجم لب الثمرة كلما تقدمت فى العمر[٣٤]". ومن بين دراساته من أجل لوحة "معركة أنجيارى"، نجد مقارنة لتعبيرات الغضب على وجوه كل من الرجل والحصان والأسد (شكل ٦ــ٣).

عادة ما توصف المقارنات المتكررة للأشكال والأنساق بواسطة مؤرخى الفنون كتماثلات، وهم الذين يشيرون أن التفسيرات بمدلول التماثلات كانت أمرا شائعا بين الفنانين والفلاسفة فى العصور الوسطى وعصر النهضة[٣٥]، ومن المؤكد أن ذلك صحيح، لكن مقارنات ليوناردو للأشكال العضوية والعمليات فى الأنواع أكثر كثيرا من مجرد تماثلات بسيطة؛ فعندما يفحص تماثلا بين هياكل الفقريات المختلفة، فإنه يدرس ما يطلق عليه علماء البيولوجيا اليوم التجانسات (homologies) ــ والتقابل البنيوى بين الأنواع المختلفة، الذى يرجع إلى أصلهم التطورى من سلف مشترك.

والتماثل فى تعبيرات الغضب فى وجوه الحيوانات والبشر هو أيضا تجانس، ناتج عن أمور مشتركة فى تطور عضلات الوجوه. وتماثل ليوناردو بين أوردة الإنسان وجلد البرتقال أثناء عملية التقدم فى العمر مبنى على حقيقة أنه فى كلتا الحالتين كان يراقب مسلك الأنسجة الحية، وفى كل هذه الحالات، تحقق حدسيا بأن الأشكال الحية فى الأنواع المختلفة تبدى تماثلات فى الأنساق، واليوم نفسر هذه الأنساق بمدلولات البنى الخلوية الميكروسكوبية والعمليات الأيضية والتطورية. لم يكن بالطبع لدى ليوناردو وسيلة للوصول لهذه المستويات من التفسير، لكنه أدرك عن صواب أنه خلال خلق (أو كما نقول اليوم تطور) التشعبات الكبرى للأشكال، استخدمت الطبيعة مرات ومرات نفس الأنساق الأساسية للتنظيم.

وعلم ليوناردو ديناميكى بشكل تام؛ فهو يصور أشكال الطبيعة – فى الجبال والأنهار والنباتات وجسم الإنسان – فى حركة تحول لا تتوقف.

وليس الشكل بالنسبة لليوناردو استاتيكى أبدا، وهو يقر بأن الأشكال الحية تتشكل وتتحول بصفة دائمة بواسطة عمليات كامنة فى أساسها، ويدرس الطرق المتعددة التى تتشكل بواسطتها الصخور والجبال عن طريق السريان الهائج للماء، ويدرس كيف للأشكال العضوية للنباتات والحيوانات وجسم الإنسان أن تتشكل بواسطة أيضها، والعالم الذى يصوره ليوناردو فى كل من فنه وعلمه، هو عالم فى حالة تطور وتدفق، والذى فيه كل التركيبات والأشكال مجرد مراحل فى عملية تحول دائمة، ويكتب مؤرخ الفنون دانيال أراسى "هذا الشعور بالحركة المتأصل فى العالم محورى بشكل مطلق فى أعمال ليوناردو، لأنه يكشف عن سمة أساسية لعبقريته، وبذلك تميز تفرده بين معاصريه."(٣٦) وفى الوقت نفسه، يكشف فهم ليوناردو الديناميكى للأشكال العضوية عن الكثير من التوازى الأخاذ مع الفهم العام الجديد للحياة الذى بزغ فى صدارة العلم على مدى الخمس والعشرين سنة الماضية.

وفى علم ليوناردو عن الأشكال الحية، كانت أنساق الحياة فى الترتيب وعملياتها الأساسية من الأيض والنمو هى الخيوط المفاهيمية الموحدة التى ربطت معرفته عن الكون الكبير والصغير. فالموضوعات الرئيسية فى العالم الكبير فى علومه هى حركات الماء والهواء، والأشكال الـچيولوچية، وتحولاتها من الأرض، والتشعب النباتى وأنساق النمو فى النباتات، وكان تركيزه الرئيسى فى العالم الصغير على جسم الإنسان - جماله ونسبه وآلية حركاته، ومقارنتها بأجسام الحيوانات الأخرى أثناء حركتها، وبصبغة خاصة الطيور فى طيرانها.

حركة الماء

كان ليوناردو مذهولا بالماء فى كل مظاهره، وأقر بدوره الأساسى كوسط ومائع حيوى للحياة، بصفته نسيج كل الأشكال الحية، وقد كتب يقول: "إنه انتشار وعصارة كل الأجسام الحية، وبدونه لن يحتفظ أى شىء بشكله الأصلى[٣٧]" وقد كافح على مدار حياته لكى يفهم العمليات الغامضة الكامنة وراء خلق أشكال الطبيعة، وذلك بدراسة حركة الماء خلال الأرض والهواء.

عمل ليوناردو مهندسًا باستفاضة على مخططات لشق القنوات والرى وصرف المستنقعات، واستخدام قوة الماء لإدارة المضخات والطواحين وآلات نشر الأخشاب. ومثل المهندسين المرموقين الآخرين فى عصر النهضة كان على دراية كبيرة بالتأثيرات النافعة وكذلك المدمرة لقوة الماء. فإنه كان الوحيد الذى ذهب إلى أبعد من القواعد الأولية للهندسة الهيدروليكية وعكف على دراسة نظرية مستديمة لسريان الماء، وكانت اختباراته ورسومه الرائعة لسريان الأنهار، والدوامات، والدردارات الدوارة، وأنساق الاضطرابات الأخرى، رسخت وضع ليوناردو كرائد فى مجال لم يكن موجودا أصلا فى زمانه - المنهج الذى يطلق عليه اليوم ديناميكا الموائع.

راقب ليوناردو خلال حياته سريان الأنهار والمد والجزر، ورسم خرائط جميلة ودقيقة لمجمعات أمطار بكاملها، وفحص التيارات فى البحيرات والبحار، والسريان فوق السدود ومساقط المياه، وحركة الموجات، وكذلك سريان الماء خلال الأنابيب وفوهات الخراطيم والثقوب، وقد ملأت ملاحظاته ورسوماته وأفكاره النظرية مئات الصفحات فى مذكراته.

وخلال هذه الدراسة التى استمرت طوال حياته، اكتسب ليوناردو فهما كاملا للخواص الرئيسية لسريان الموائع. وقد تعرف على القوتين الرئيسيتين اللتين تؤثران على سريان الماء ــ قوة الجاذبية والاحتكاك الداخلى فى المائع، أو اللزوجة ــ وقد وصف بطريقة صحيحة الكثير من الظواهر التى يولدها تداخلهما، كما تحقق كذلك أن الماء غير قابل للانضغاط، وعلى الرغم حتى من اتخاذه عددا لانهائيا من الأشكال فإنه يحتفظ دائما بكتلته.

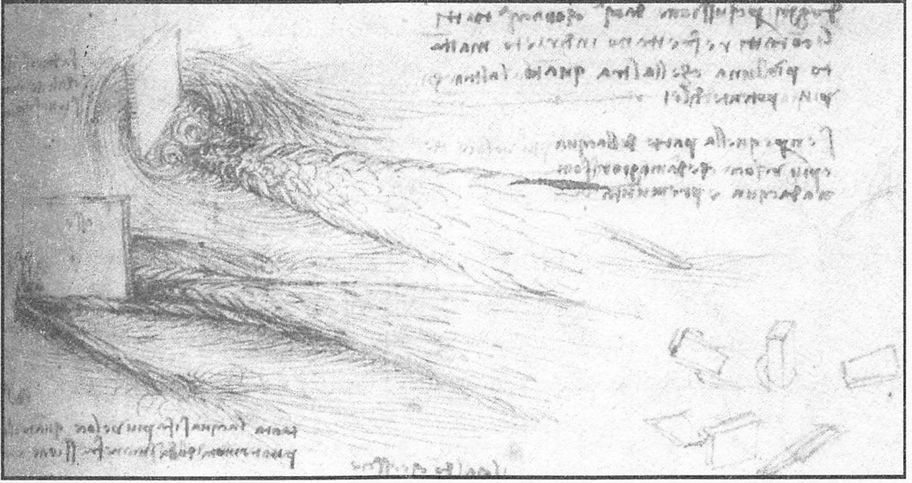
وفى فرع من العلوم لم يكن حتى موجودا قبل ليوناردو، كانت النظرة الثاقبة العميقة له فى طبيعة سريان الموائع يجب أن تقيم على أنها إنجاز هائل. وكونه قد رسم أيضا كثيرا من البنى المضطربة بشكل خاطئ، وتصور بعض خواص الانسياب التى لم تحدث فى الواقع، لا يقلل ذلك من إنجازاته العظيمة، لاسيما فى ضوء حقيقة أنه حتى فى أيامنا يواجه العلماء والرياضيون مصاعب جمة فى محاولاتهم التنبؤ بالتفاصيل المعقدة للسريان المضطرب ونمذجته.

وفى مركز فحوصات ليوناردو للاضطراب، تقع الدردارات أو الدوامات المائية، وخلال مذكراته، هناك عدد من الرسومات لا يحصى للدوامات من كل الأحجام والأنواع ــ فى تيارات الأنهار والبحيرات وخلف أرصفة وحواجز الموانى، وفى أحواض مساقط المياه، وخلف الأجسام ذات الأشكال المختلفة

المغمورة فى الماء الجارى. وتقف هذه الرسومات شديدة الجمال شاهدا على افتتان ليوناردو اللانهائى بطبيعة الأنواع الأساسية للاضطراب المتغير دائما، ولكنه مستقر، وأعتقد أن هذا الافتتان قد جاء من حدس عميق بأن ديناميكا الدوامات التى تجمع بين الاستقرار والتغير، تجسد الخاصية الرئيسية للأشكال الحية[٣٨].

كان ليوناردو أول من استوعب الحركات التفصيلية للدردارات المائية، وكثيرا ما كان يرسمها بدقة حتى فى المواقف المعقدة، وكان يميز عن صواب بين الدوامات الدائرية التى يدور فيها الماء بصفة أساسية كجسم جامد، وبين الدردارات اللولبية (مثل الدوامات فى حوض الاستحمام المنزلى) التى تكون فضاء مجوفا، أو قمعا فى مركزها، وقد لاحظ أن "الحركة اللولبية أو الدورانية لكل سائل تكون أسرع كلما اقتربت من مركز الدوران. وما نقترحه هنا هو حقيقة جديرة بالإعجاب، حيث إن الحركة الدورانية للعجلة أبطأ كثيرا كلما اقتربنا من مركز الجسم الدوار"[٣٩]. ومثل هذه الدراسات التفصيلية للدردارات فى المياه الهائجة لم يتم تناولها مرة أخرى لمدة ثلاثمائة وخمسين عاما، إلى أن طور الفيزيائى هيرمان فون هيلمهولتز تحليلا رياضيا لحركة الدردارة فى منتصف القرن التاسع عشر.

قام ليوناردو بعدة رسوم تفصيلية لأنساق اضطراب غاية فى التعقيد، ناتجة عن وضع معوقات متنوعة فى طريق انسياب المياه، ويظهر شكل(٤-٦) أن من مجموعة وندسور اضطرابات تسرى حول لوح مستطيل مغمور بزاويتين مختلفتين. (وقد اقترح تنويعات إضافية فى الاسكتشات الصغرى الموجودة على يمين الرسم الرئيسى). ويظهر الرسم الأعلى بوضوح زوجا من الدردارات اللتين تدوران عكس بعضهما عند بداية مسار موجة عشوائى، والتفاصيل الأساسية لهذا النسق المعقد من الاضطرابات دقيقة تماما- وهى شهادة مثيرة على قدرات ليوناردو وعلى الملاحظة والوضوح المفاهيمى.



شكل (٦-٤). موجات مضطربة خلف لوحة مستطيلة حوالى ١٥٠٩-١١، مجموعة وندسور، دراسة المشاهد والنباتات والماء، ملف ٤٢٢

أشكال الأرض الحية وتحولاتها

رأى ليوناردو أن الماء هو العامل الرئيسى فى تكوين سطح الأرض، وقد كتب يقول: "يقوم الماء بتعرية الجبال ويملأ الوديان، وإذا استطاع فإنه على استعداد لاختزال الأرض إلى كرة تامة الاستدارة"[٤٠]، وقد اضطره هذا الإدراك بالتداخل المستمر بين الماء والصخور لإجراء دراسات مكثفة فى الـچيولوچيا، والتى أفادته فى رسم تكوينات الصخور الرائعة التى تظهر كثيرا فى الخلفية المظللة لرسوماته.

وملاحظاته الجيولوجية مذهلة ليس فقط لدقتها الفائقة، ولكن لأنها قادته لصياغة مبادئ عامة، أعيد اكتشافها فقط بعد قرون، ومازالت تستخدم بواسطة الـچيولوچيين اليوم[٤١]. تعرف ليوناردو على التتابع الزمنى لطبقات التربة والصخور، والتسلسل المقابل للحفريات المترسبة فى هذه الطبقات، كما سجل كثيرا من التفاصيل الدقيقة المتعلقة بالتعرية والترسيبات بواسطة الأنهار.

كان ليوناردو أول من افترض أن أشكال الأرض هى نتيجة عمليات تجرى عبر عصور طويلة مما يسمى الآن بالأزمنة الـــچيولوچية، وبهذه الرؤية يكون قد اقترب كثيرا من المنظور التطورى قبل تشارلز داروين بأكثر من ثلاثمائة سنة، وداروين هو الذى وجد إلهاما بالتطور من خلال الـــچيولوچيا، وبالنسبة لليوناردو بدأت الأزمنة الـــچيولوچية بتكوين الأرض الحية، وهى العملية التى ألمح إليها فى رسوماته بإحساس من الرعب والغموض.

وقد نصح ليوناردو رفاقه الرسامين قائلا، "قم بوصف المشهد فى وجود الريح، والماء وعند غروب وشروق الشمس"[٤١] وكان أستاذا فى تطويع هذه التأثيرات الجوية. ومثل من سبقوه ومن عاصروه، كان يضمِّن مرارا الزهور والأعشاب فى رسوماته من أجل معانيها الرمزية لكن على العكس من رفاقه الرسامين، كان حريصا دائما على وضع النباتات فى مواطنها الإيكولوچية المناسبة وفى المواسم الملائمة وبدقة عالية فى رسم هذه النباتات[٤٣].

تحتوى المذكرات على رسومات عديدة للأشجار والنباتات المزهرة التى موطنها الأصلى إيطاليا، والكثير من تلك الرسومات تحف رائعة تمتلئ بتفاصيل للتشبيهات النباتية. كانت معظم هذه الرسومات عبارة عن دراسات لفن الرسم، كما أن البعض منها كان يتضمن كذلك ملاحظات تفصيلية تشرح خصائص النباتات. وعلى العكس من الدافع وراء نباتات الزينة العادية، التى كانت شائعة فى رسومات عصر النهضة، أظهرت زهور وأعشاب وأشجار ليوناردو حيوية وإشراقة لا يمكن أن يصل إليها إلا رسام لديه معرفة نباتية وإيكولوجية عميقة.

وفى الحقيقة، لم يكن ذهن ليوناردو مكتفيا بمجرد تصوير النباتات فى لوحاته، ولكنه تحول إلى التساؤل الأصيل عن طبيعتها الذاتية – أنساق الأيض والنمو التى وراء أشكالها العضوية، وأجرى ملاحظات تفصيلية حول تأثير ضوء الشمس والماء

والجاذبية على نمو النبات، واختبر نسغ الأشجار واكتشف أنه من الممكن تقدير عمر الشجرة من عدد الحلقات فى قطاع فى جذعها؛ كما فحص أنساق الأوراق والأغصان حول سيقانها، المعروفة لعلماء النبات اليوم باسم دراسة انتظام الأوراق؛ كما كان يربط بين أنساق الأغصان ونشاط "عصارة" الشجرة، وهى نظرة ثاقبة غير عادية لتأثيرات النشاط الهرمونى الذى أصبح فقط معروفا فى القرن العشرين. وكما هو الحال فى مجالات كثيرة أخرى، ذهب ليوناردو بتفكيره العلمى أبعد كثيرا من رفاقه، مرسخا أقدامه كأول منظر عظيم فى علم النبات[٤٤].

العالم الكبير والعالم الصغير

كلما كان ليوناردو يستكشف أشكال الطبيعة فى العالم الكبير، كان يتطلع كذلك إلى التماثلات في الأنساق والعمليات فى الجسم البشرى، وبفعله ذلك، كان يذهب أبعد من التماثلات العامة بين العالم الكبير والعالم الصغير، والتى كانت معرفة شائعة فى زمانه، ورسم التوازيات بين ملاحظات معقدة جدا فى كل من العالمين. طبق ليوناردو معرفته بسريان الماء الهائج على حركة الدم فى القلب والأورطة[٤٥]. وقد رأى فى "النسغ الحيوى" فى النباتات مائع الحياة الرئيسى ولاحظ أنه يغذى أنسجة النبات، تماما كما يغذى الدم أنسجة الجسم البشرى». وقد لاحظ التطابق البنيوى بين لب الثمرة (المعروف باسم الحبل السرى funiculus لعلماء النبات) الذى يربط بذور النبات إلى نسيج الثمرة، والحبل السرى الذى يربط الجنين البشرى إلى المشيمة.[٤٦] وقد اتخذ من هذه الملاحظات شواهد ضاغطة على وحدة الحياة على كل مستويات الطبيعة.

يجب أن توضع ملاحظات ليوناردو واسعة المدى وشديدة الدقة للجسم البشرى ضمن أعظم إنجازاته العلمية، ولكى يدرس الأشكال العضوية للجسم

البشرى، قام بتشريح العديد من جثث البشر والحيوانات، وفحص عظامها ومفاصلها وعضلاتها وأعصابها، ورسمها بدقة ووضوح غير معهودة من قبل، وفى الوقت نفسه تعتبر رسومه التشريحية أعمالا رائعة فى مجال الفن، ويرجع ذلك إلى مقدرته الفريدة على تمثيل الأشكال والحركات من منظور بصرى مذهل وبتدرج رقيق للضوء والظل، الأمر الذى يعطى رسوماته خاصية الوضوح التى يندر التوصل إليها فى التصويرات التشريحية الحديثة.

وبالنظر خلال رسومات وملاحظات ليوناردو فى آلاف الصفحات من المخطوطات التشريحية، يمكن رؤية العديد من المواضيع المتنوعة، وأول هذه المواضيع هو الجمال والنسب، والذى اجتذب الافتتان العظيم لدى فنانى عصر النهضة، وقد رأوا فى نسب الرسومات والتماثيل والعمارة أنها جوهر التناغم والجمال، وكانت هناك محاولات كثيرة لسن قانون لنسب الأشكال البشرية. ألقى ليوناردو بنفسه فى هذا العمل بحيويته المعتادة واهتمامه بالتفاصيل، وأجرى وفرة من القياسات لإرساء نظام شامل من الارتباطات بين جميع أجزاء الجسم، وفى الوقت نفسه استكشف العلاقة بين النسب والجمال فى لوحاته، وقد كتب يقول: "النسب الجميلة فى وجه ملائكى فى لوحة تؤدى إلى توافق متناغم، يصل إلى العين متزامنا تماما مثل ما تؤثر [نغمة] من الموسيقى فى الأذن[٤٧]".

وكان الموضوع العظيم الثانى فى أبحاث ليوناردو التشريحية هو جسم الإنسان أثناء حركته، وكما لاحظنا من قبل، علم ليوناردو عن الأشكال الحية هو علم الحركة والتحول، سواء عند دراسته الجبال والأنهار والنباتات، أو دراسة الجسم البشرى؛ وبذا فإنه لفهم الشكل البشرى، كان يعنى بالنسبة له فهم الجسم أثناء الحركة. وقد استعرض فى عدد لا يحصى من الرسومات التفصيلية والمذهلة كيف تعمل الأعصاب والعضلات والأوتار والعظام معا لتحرك الجسم.

الأدوات الميكانيكية للطبيعة

لم يفكر ليوناردو قط فى الجسم البشرى على أنه آلة[٤٨]، ومع ذلك فهو يقر بوضوح أن تشريح الحيوانات والبشر يتضمن وظائف ميكانيكية، وفى رسوماته التشريحية، كان يستبدل فى بعض الأحيان العضلات بالخيوط أو الأسلاك ليبين بشكل أفضل اتجاهات قواها (انظر شكل ١-١ ص٢٩، وشكل ٩-٤ ص ٣٢٣). وقد بين كيف تعمل المفاصل مثل المفصلات، وطبق مبدأ الروافع ليفسر حركة الأطراف، وقد أعلن[٤٩]: "لا يمكن أن تقدم الطبيعة الحركة للحيوانات دون آلات ميكانيكية." وبذا فقد شعر أنه لكى يفهم حركة جسم الحيوان، احتاج لاستكشاف قوانين الميكانيكا، وبالفعل، كان ذلك بالنسبة لليوناردو الدور الرئيسى لهذا الفرع من العلوم: "علم الأجهزة أو علم الميكانيكا، علم نبيل جدا ومفيد للغاية أكثر من كل العلوم الأخرى، لأنه بواسطته تقوم كل الأجسام الحية بحركتها لإنجاز كل عملياتها[٥٠]".

ولكى يفحص ليوناردو ميكانيكا العضلات والأوتار والعظام، انشغل لفترة طويلة فى دراسة "علم الأوزان" الذى يعرف اليوم بعلم الاستاتيكا، والذى يهتم بتحليل الأحمال والقوى على النظم الفيزيائية وهى فى حالة اتزان استاتيكى مثل الموازين والروافع والبكرات. كانت هذه المعرفة فى عصر النهضة مهمة جدا للمعماريين والمهندسين، كما هى اليوم وفى العصور الوسطى، شكّل علم الأوزان مجموعة كبيرة من الأعمال تجمعت فى أواخر القرن الثالث عشر والقرن الرابع عشر.

استوعب ليوناردو، بطريقته العادية، الأفكار المحورية من أفضل النصوص وأكثرها أصالة، كما علق على كثير من فروضها فى مذكراته، وحققها تجريبيا، وفند بعض البراهين غير الصحيحة.[٥١] وقد ظهر القانون الكلاسيكى للروافع بصفة خاصة بشكل متكرر فى مذكراته، ويقول ليوناردو على سبيل المثال فى مخطوطة أتلانتيكاس "نسبة الأوزان التى تجعل أذرع الميزان موازية للأفق، هى نفسها بالنسبة للأذرع، لكن معكوسة[٥٢]."

طبق ليوناردو هذا القانون لحساب القوى والأوزان الضرورية لإرساء توازن فى أنظمة عديدة بسيطة ومركبة تتضمن الموازين والروافع والبكرات والكتل المعلقة بالحبال(٥٣)، وبالإضافة لذلك، حلل بدقة الشد فى قطاعات مختلفة من الحبال، ربما من أجل تقدير الشد المماثل فى العضلات والأوتار فى الأطراف البشرية.

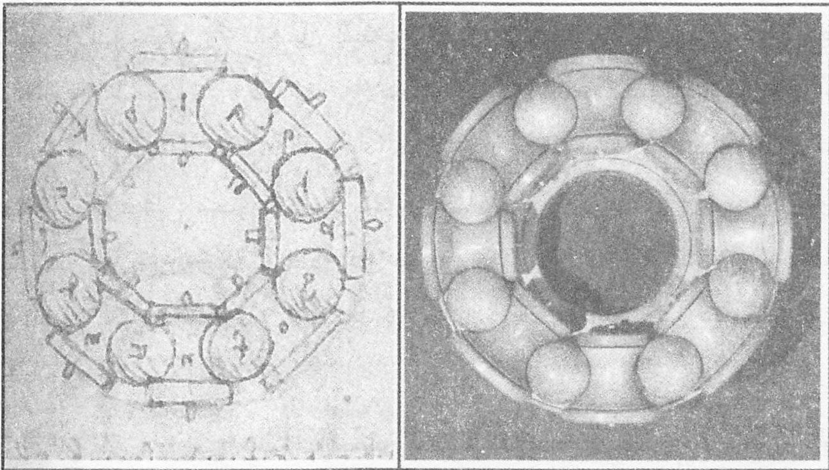
لم يطبق ليوناردو قانون الروافع على المواقف التى تعمل فيها القوى فى اتجاه عمودى على أذرع الروافع فقط، بل طبقه كذلك على القوى التى تعمل بزوايا مختلفة. تحتوى مخطوطتا آروندل و E بالتحديد أشكالا عديدة ذات تعقيدات متنوعة، بأوزان تؤثر بقوتها بزوايا مختلفة عن طريق الحبال والبكرات. وقد أقر بأنه فى مثل هذه الحالات، فإن الطول ذا الصلة فى قانون الروافع ليس هو الطول العضلى لذراع الرافعة ولكنه المسافة العمودية من خط القوة إلى محور الدوران. وقد أطلق على هذه المسافة "ذراع الرافعة الكامن" (braccio potenziale)، وسجل ذلك بوضوح فى كثير من الأشكال. وفى الاستاتيكا الحديثة يعرف ذراع الرافعة الكامن بعزم الذراع، وحاصل ضرب عزم الذراع فى القوة يسمى عزم الدوران. كان اكتشاف ليوناردو لمبدأ أن مجموع العزوم عند أى نقطة لا بد أن يساوى الصفر لأى نظام متزن استاتيكيا، كان أعظم مساهمة أصيلة فى الاستاتيكا، وقد ذهبت أبعد كثيرا من علوم العصور الوسطى للأوزان فى عصره.

آلات ليوناردو

لم يطبق ليوناردو معرفته عن الآلات فى فحوصاته لحركة الجسم البشرى فقط، بل أيضا فى دراساته عن الآلات، وبالفعل، يكمن تفرد عبقريته فى إبداعه للفن والعلم والتصميم(٥٤). كان فى حياته مشهورا بوصفه فنانا، وكذلك مهندسًا ميكانيكيًا بارعًا ابتكر وصمم أعدادا لا تحصى من الآلات والمعدات الميكانيكية،

والتى كثيرا ما تضمنت ابتكارات سابقة على عصره بقرون،[٥٥] واليوم تعرض رسومات ليوناردو التقنية بصورة متكررة حول العالم، وكثيرا ما تكون مصحوبة بنماذج خشبية تظهر بتفاصيل مؤثرة كيف تعمل هذه الآلات كما كان ينوى ليوناردو[٥٦].

وكما سبق أن لاحظنا، كان ليوناردو أول من فصل الآليات المفردة عن الآلات التى كانت موجودة بها.[٥٧] وفى هذه الدراسات أصر ليوناردو دائما على أن أى تطوير فى الابتكارات القائمة يجب أن يكون مبنيا على معرفة قوية بمبادئ الميكانيكا. وقد أبدى ليوناردو اهتماما خاصا بتحول القوة والحركة من مستوى إلى آخر، الأمر الذى كان تحديا كبيرا فى هندسة عصر النهضة، وفى تصميمه لطاحونة تعمل بقوة الماء (شكل ٨ -٣ ص ٢٨٢)، مثلا تتنقل الحركة ثلاث مرات بين محاور أفقية ورأسية بمساعدة الجمع بين عجلات مسننة وتروس دودية الشكل، ويشير ليوناردو بوضوح لانتقال القوة المقابل فى الشكل الصغير أسفل الرسم الرئسيى[٥٨].



شكل (٦ -٥) كرات التحميل الدوارة. مخطوطة مدريد ا. ملف ٢٠٧، نموذج فى متحف تيكنى، مونتريال ١٩٨٧.

ومن بين ابتكارات ليوناردو الميكانيكية الكثيرة، هناك العديد الذى يتضمن تحويل الحركة الدورانية لذراع (كرنك) إلى حركة مستقيمة للأمام والخلف، والتى يمكن استخدامها فى عمليات الإنتاج الأوتوماتيكية مثلا.[٥٩] ويجىء، بعد ذلك تصميم ليوناردو المعروف جيدا أو العبقرى جدا للرافعة ذات العجلتين (شكل ٢ - ٣ ص ٦٧)، والذى يقوم بالتحويل العكسى: الحركة التى تعمل رأسيا على رافعة تتردد للأمام وللخلف يتم تحويلها إلى الرفع الهادئ لحمل ثقيل بواسطة عجلتين مسننتين وترس فانوس فى قفص. كان ذلك أحد أكثر رسومات ليوناردو التقنية شهرة، وهو يعرض الآلية فى كل من شكلها المجمع، وفى شكل متفجر، يكشف الارتباط المعقد للتروس والألواح[٦٠].

وفى عصر النهضة كانت تصنع الروافع والأوناش والآلات الأخرى الكبيرة من الخشب، وكان الاحتكاك بين أجزائها المتحركة يشكل مشكلة رئيسية. ابتكر ليوناردو تصميمات معقدة عديدة ليقلل من الاحتكاك والتآكل بما فى ذلك نظم التشحيم الأوتوماتيكى، والتحميل المتغير القابل للضبط، وكذلك البكرات المتحركة فى الأشكال المختلفة - الكرات والأسطوانات والأقماع المبتورة وما شابه ذلك. ويبين شكل (٦-٥) مثالا أنيقا لأداة حمل دوارة تتكون من ثمانية أذرع محدبة الجوانب تدور على محاور خاصة بها، وتتداخل فى فراغها كرات حرة الدوران لكنها ممنوعة من الحركة الخطية عن طريق حركة الأذرع، وعندما توضع منصة فوق حاملة الكرات هذه يقل الاحتكاك لدرجة أن المنصة يمكن إدارتها بسهولة حتى لو كانت تحمل حملا ثقيلا.

كان كل مهندسى عصر النهضة العظام على دراية بتأثير الاحتكاك، إلا أن ليوناردو كان هو الوحيد الذى أخذ على عاتقه إجراء دراسات منهجية وأولية لقوى الاحتكاك، وقد وجد بالتجربة أنه عندما ينزلق جسم ما على سطح فإن كمية الاحتكاك يحددها ثلاثة عوامل: خشونة الأسطح، ووزن الجسم، وزاوية ميل المستوى المنحدر،

ولكى يعرف المرء الوزن المطلوب بالضبط اللازم لتحريك مائة رطل فوق طريق مائل، عليه أن يعرف طبيعة التماس لهذا الجسم مع السطح الذى سيحتك به أثناء حركته، لأن الأجسام المختلفة لها احتكاكات مختلفة....

> تؤدى زوايا الميل المختلفة إلى درجات مختلفة من المقاومة عند التماس؛ لأنه، إذا كان الوزن الذى يجب أن يتحرك على مستوى سطح الأرض، ولابد من سحبه، وبلا شك، ستكون المقاومة هى القوة الأولى، لأن كل شىء يرتكز على الأرض، ولاشىء يرتكز على الحبل الذى لابد أن يحرك الجسم.... لكنك تعرف، أنك إذا كنت تسحبه إلى أعلى عموديا بحيث يمس ويحك برفق حائطا عموديا، فإن الوزن كله يقع على الحبل الذى يسحب الجسم، والقليل جدا فقط سيقع على الحائط الذى يحتك به[٦١].

وقد تم إثبات استنتاجات ليوناردو كلية بواسطة الميكانيكا الحديثة. وتعرف اليوم قوة الاحتكاك بأنها حاصل ضرب معامل الاحتكاك (مقياس خشونة الأسطح) والقوة العمودية على سطح التماس (والتى تعتمد على كل من وزن الجسم وزاوية ميل السطح).

وقد أدت دراسات ليوناردو لتحول القوى إلى أن يفحص الاعتقاد السائد فى العصور الوسطى بأن القوة يمكن التحكم فيها من خلال آلات الحركة الأبدية، وفى البداية تقبل ليوناردو هذه الفكرة، وقد صمم مجموعة من الآليات المعقدة ليحافظ على الماء فى حركة أبدية دائمة عن طريق أنظمة متنوعة للتغذية الراجعة، لكنه فى النهاية أيقن أن أى نظام ميكانيكى سيفقد قدرته بسبب الاحتكاك. وفى النهاية كان ليوناردو يتهكم على محاولات بناء آلات حركة أبدية، وقد كتب فى مخطوطة مدريد، "لقد وجدت بين الوهم الزائد والمستحيل للناس، البحث عن حركة مستمرة، والتى يدعوها البعض العجلة الأبدية[٦٢]".

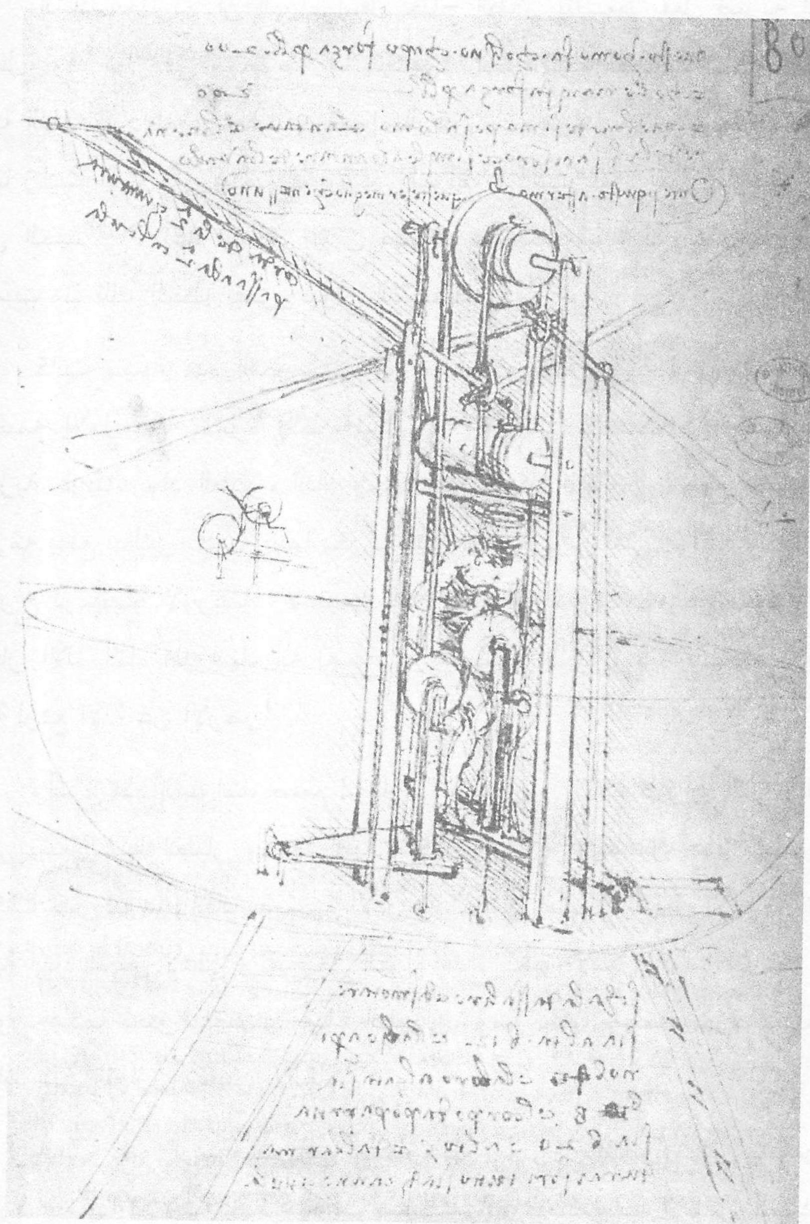
وسع ليوناردو من اهتماماته المعقدة بالاحتكاك لتشمل دراساته المستفيضة لسريان الموائع. تحتوى مخطوطة مدريد على سجلات دقيقة لفحوصاته وتحليلاته حول مقاومة الماء والهواء لحركة الأجسام الجامدة، وكذلك حول حركة الماء والنار فى الهواء[٦٣]، وبوعيه التام للاحتكاك الداخلى فى الموائع، والمعروف باللزوجة، كرس ليوناردو صفحات عديدة من مذكراته لتحليل تأثيراته على سريان المائع. وقد كتب فى مخطوطة ليسستر، "يمتلك الماء دائما تماسكا بذاته، وهذا هو الأمر الأكثر فعالية كلما أصبح الماء أكثر لزوجة[٦٤]".

كانت مقاومة الهواء لها أهمية خاصة عند ليوناردو، لأنها تلعب دورا مهمًا فى واحدة من أقوى اهتماماته – طيران الطيور وتصميم الآلات الطائرة، وقد أعلن أنه "لكى نقدم العلم الحقيقى لحركة الطيور فى الهواء، من الضرورى أولا تناول العلم للرياح[٦٥]".

حلم الطيران

حلم الطيران مثل الطيور قديم قدم البشرية نفسها، لكن لم يتعقبه أحد بشدة أكثر ومثابرة وبالتزام بالبحث الدقيق أكثر من ليوناردو دافينشى. وقد تضمن "علم الطيران" الخاص بليوناردو العديد من المناهج – بدءًا من ديناميكا الموائع إلى التشريح البشرى، والآلات، وتشريح الطيور، والهندسة الميكانيكية. وقد تابع هذه الدراسات بجد واجتهاد خلال معظم فترات حياته، بدءًا من السنوات المبكرة أثناء فترة التدريب فى فلورنسا، وحتى سنه المتقدم فى روما[٦٦].

بدأت فترة البحث المكثف الأولى حول الآلات الطائرة مبكرا فى تسعينيات القرن الخامس عشر، بعد حوالى عقد من وصول ليوناردو إلى ميلانو[٦٧]. جمعت تجاربه أثناء هذه الفترة بين الآلات وتشريح الجسم البشرى، وقد فحص ليوناردو وأجرى قياسات دقيقة على مقدرة الجسم على توليد كميات مختلفة من القوة من أجل إيجاد كيف لطيار بشرى أن يرفع آلة طائرة عن الأرض عن طريق خفق أجنحة ميكانيكية.



شكل (٦ -٦) سفينة ليوناردو الطائرة "مخطوطة B ملف ٨٠٢".

أدرك ليوناردو أن الهواء أسفل جناح الطائر ينضغط بفعل ضربة الجناح لأسفل، وقد دون فى مخطوطة اتلانتيكاس: "انظر كيف تضرب الأجنحة الهواء مبقية النسر ثقيل الوزن عاليا فى الهواء الرقيق"، ثم أضاف ملاحظة جديرة بالذكر: "كلما زادت القوة التى يبذلها الجسم فى الهواء، ازدادت القوة التى يمارسها الهواء على الجسم[٦٨]". أعاد إسحق نيوتن صياغة ملاحظة ليوناردو بعد مائتى سنة، وسميت منذ تلك اللحظة بقانون نيوتن الثالث للحركة[٦٩].

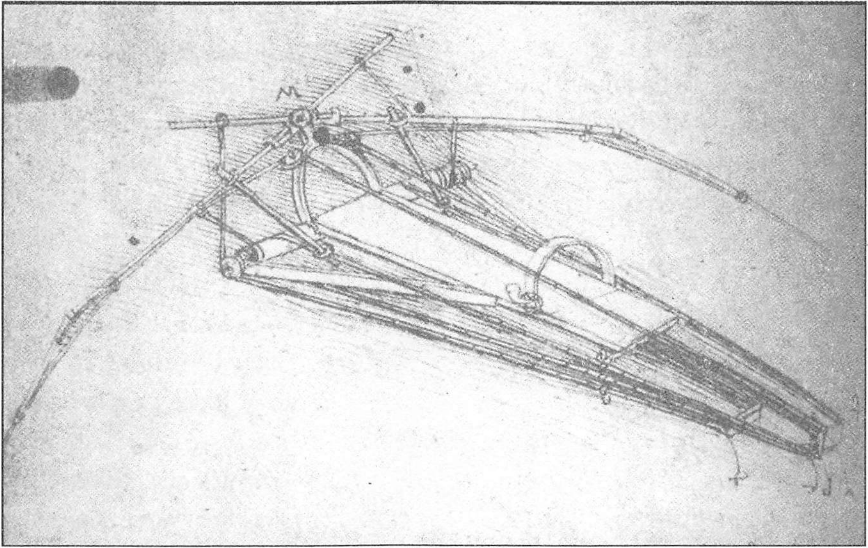
كانت نتيجة هذه الفحوصات هو ما أطلق عليه سفينة ليوناردو الطائرة، تصميمه الأول لآلة طائرة (انظر شكل ٦-٦). كان التصميم من وجهة النظر البشرية غريبا. يولّد الطيار، أثناء وجوده فى مركز الآلة فى وضع منحن القوة اللازمة بدفع بدالتين بقدميه بينما يحرك بيديه مقبضين فى نفس الوقت. وكما يشير المؤرخ دومينيكو لاورنسا: "لا توجد ملحوظة، أو إشارة .... حول كيفية قيادة الطيار الآلة أثناء طيرانها، أنه يصبح تقريبا طائرا آليا؛ وعليه ببساطة أن يولّد طاقة لرفع الآلة عن الأرض[٧٠]".

وأثناء هذه السنوات، صمم ليوناردو سلسلة من آلات طيران أكثر واقعية، والتى يشغل فيها الطيار وضعا أفقيا (شكل ٦ -٧)، وتتضمن هذه التصميمات حركات أكثر تنوعا وإتقانا. تستخدم الأذرع والسيقان البشرية لتجعل الأجنحة تصنع زاوية أثناء الخفق لأعلى وتنفتح فى الهواء أثناء الخفق لأسفل، تماما مثل ما تفعل الطيور عندما تخفق بأجنحتها أثناء الطيران، ومع ذلك، تستخدم حركات أخرى للحفاظ على التوازن وتغيير الاتجاه.

وتمثل هذه الرسومات (فى مخطوطتى B وأتلانتيكاس) أكثر تصميمات ليوناردو تعقيدا للآلات الطائرة، وقد أصبحت تلك التصميمات الأساس للعديد من النماذج التى شيدها المهندسون فى العصر الحديث[٧١]. ويبين الشكل ٦ – ٨ أحد

هذه النماذج والذى شيد من مواد كانت متاحة فى عصر النهضة. ولسوء الحظ فإن القيود التى وضعتها هذه المواد – الدعامات الخشبية أو المفاصل والسيور الجلدية، وجلد الغطاء القوى، قد جعلت من الواضح لماذا لم يستطع ليوناردو صنع نموذج صامد لآلاته الطائرة حتى على الرغم من أنها مبنية على مبادئ آيروديناميكية سليمة. كان وزن الآلة ومعها الطيار ببساطة أثقل كثيرا مما يمكن أن ترفعه قوة عضلات الإنسان.

وفى النهاية أصبح ليوناردو مدركا أنه لن يتمكن من التوصل إلى النسبة المطلوبة للقوة إلى الوزن؛ للوصول إلى الطيران الناجح، وبعد عشر سنوات من تجاربه على الآلات الطائرة فى ميلانو، دخل فى فترة مكثفة من الأبحاث فى فلورنسا، والتى شملت إجراءه ملاحظات دقيقة ومنهجية على الطيور أثناء طيرانها، ووصل بهذه الفحوصات إلى أدق التفاصيل التشريحية والأيروديناميكية [٧٢].

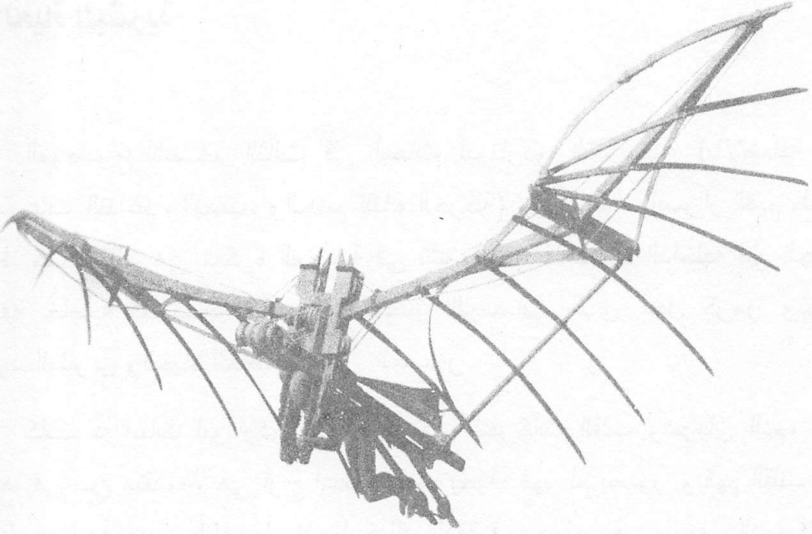


شكل (٦-٧) تصميم آلة طائرة، مخطوطة B ملف ٧٤٧.

توصل ليوناردو فى مذكراته الناتجة عن ذلك - مخطوطة حول طيران الطيور- إلى أن طيران البشر بأجنحة ميكانيكية قد لا يكون ممكنا بسبب القيود التى يفرضها تشريحنا. ويذكر ليوناردو أن للطيور عضلات صدر قوية، تسمح لها أن تهرب بسرعة من مفترسيها أو لتحمل فريسة ثقيلة، ولكنها لا تحتاج إلا جزءًا ضئيلاً من هذه القوة لتحتفظ بنفسها فى الهواء أثناء الطيران المعتاد(٧٣).

أدت ملاحظة ليوناردو إلى أن يخمن حتى لو كان من غير الممكن للكائنات البشرية أن تطير بواسطة أجنحة ميكانيكية، فإن التحليق فى الجو أو الطيران الشراعى محتمل، حيث إنه يتطلب قوة أقل كثيرا. وأثناء سنواته الأخيرة فى فلورنسا، بدأ القيام بتجارب حول تصميمات آلات طائرة لها أجنحة ثابتة، لا تختلف عن الطائرة الشراعية الحديثة.

وبناء على هذه التصميمات، شيد المهندسون البريطانيون، حديثا، طائرة شراعية واختبروها بنجاح فى رحلة طيران من أعلى جرف طباشيرى فى جنوب شرق إنجلترا يعرف باسم سوسكس داونز. وقد تفوق الطيران الأول "لطائرة ليوناردو الشراعية" على المحاولات الأولى للأخوين رايت فى ١٩٠٠، كما ورد فى التقارير(٧٤).



شكل (٦-٨) نموذج يعمل لآلة طائرة، متحف تاريخ العلوم، فلورنسا

وعلى الرغم من أن الآلات المزودة بأجنحة ميكانيكية متحركة لم يقدر لها أن تطير، فإن النماذج التى شيدت من تصميمات ليوناردو، شهادات رائعة على عبقريته عالمًا ومهندسًا. وبكلمات مؤرخ الفنون مارتن كيمب: "باستخدام النظم الميكانيكية، تخفق الأجنحة بكثير من الالتواء والعنف فى كياسة طائر عملاق مفترس.... تحتفظ تصميمات (ليوناردو) بمقدمتها المفاهيمية كنموذج أصلى لتعبيرات رغبة الإنسان فى محاكاة الطيور، ويظل قادرا على الإحساس بالإلهام والدهشة حتى لدى الجمهور الحديث، والذى بالنسبة له أصبح مشهد طيران أطنان من الفلزات خلال الهواء أمرا روتينيا[٧٥]".

سر الحياة البشرية

الموضوع الضخم الثالث فى أبحاث ليوناردو التشريحية (بالإضافة إلى موضوعات التناغم والنسب، والجسم أثناء الحركة) هو فحصه بإصرار لفهم طبيعة الحياة. كانت تلك هى الفكرة المهيمنة فى تشريحاته للأعضاء الداخلية فى الجسم، وبصفة خاصة فحوصاته للقلب - العضو الجسمانى الذى عمل كرمز رئيسى للوجود البشرى والحياة العاطفية خلال العصور.

كانت دراسات ليوناردو الدقيقة الدءوبة لحركات القلب وسريان الدم، التى أجراها فى سن متقدمة، هى أوج أعماله التشريحية؛ فهو لم يصور ويفهم القلب فقط كما لم يفعل أحد من قبله، بل لاحظ كذلك الدقة فى عمله وفى سريان الدم، الأمر الذى غاب عن الباحثين الطبيين لقرون.

ولأنه لم ير الجسم كآلة، لم يكن اهتمام ليوناردو الأساسى النقل الميكانيكى للدم، بل المشكلتين الاثنتين، كما رآهما، حول كيف للقلب أن يحفظ الدم فى درجة حرارة الجسم، وكيف أنهما قد أنتجا "الأرواح الحية" التى تحفظنا أحياء. وقد تقبل ليوناردو المفهوم القديم بأن تلك الأرواح الحية ناتجة من خليط من الدم والهواء - الأمر الصحيح فى الأساس، إذا عرفنا ذلك بالدم المؤكسد بالأكسجين - وطور نظرية عبقرية لحل كلتا المشكلتين.

وفى غيبة أى معرفة بالكيمياء، استخدم ليوناردو فهمه المستفيض للسريان المضطرب للماء والهواء، ودور الاحتكاك فى محاولاته لتفسير أصل كل من خليط الدم والهواء، ودرجة حرارة الجسم، وقد تضمن ذلك وصفا شديد الدقة لسمات عديدة ودقيقة لسريان الدم - بما فى ذلك الأفعال المتناسقة لغرف القلب الأربع (فى الوقت الذى كان فيه معاصروه لايعرفون إلا اثنين فقط) وعمل الصمامات التاجية المتناسق والمتزامن - والتى صورها فى سلسلة من الرسومات الفائقة؛ ووفقا للطبيب المشهور والمتخصص فى أعمال ليوناردو كينيث كيل:

نجاحات ليوناردو فى تشريحات القلب من العظمة
بحيث إن هناك أوجُها من الأعمال لم ترق إليها
التصويرات التشريحية الحديثة.... وممارسته الدءوبة
لرسم القلب وصماماته فى الحالتين الانقباض
والانبساط، ومقارنة أوضاع أجزائه، لم يقم بها أحد إلا
نادرا فى أى مرجع للتشريح(٧٦).

لم ير ليوناردو بعض التفاصيل الحاسمة فيما يتعلق بميكانيكية الدورة الدموية، التى اكتشفها وليم هارفى بعد مائة عام، وبدون معرفته للكيمياء، لم يكن فى استطاعته تفسير تبادل الأكسجين بين الدم وأنسجة الرئتين والجسم، ولكن بغرابة شديدة، تعرف ليونارد على سمات دقيقة للأيض الخلوى بدون معرفة عن الخلايا - فمثلا، أن الطاقة الحرارية تدعم عمليات الأيض، وأن الأكسجين (الروح الحيوية) تحافظ عليها، وأن هناك سريان للدم من القلب إلى أطراف الجسم، وأن الدم يعود حاملا الفضلات الناتجة عن الأيض فى الأنسجة. وبعبارة أخرى، طور ليوناردو نظرية لعمل القلب وسريان الدم، والتى سمحت له بفهم بعض السمات الأساسية للحياة البيولوچية.

وأثناء العقد الأخير من حياته، وبينما كان منشغلا بأكثر دراساته تقدما حول قلب الإنسان، أصبح ليوناردو كذلك مهتما بشكل مكثف بموضوع سر الحياة - أصلها فى عمليات التكاثر والتطور الجنينى. وكونه قد اعتبر دائما أن علم الأجنة جزء متكامل من دراساته للجسم البشرى، أمر واضح من المخطط المهيب للرسالة التى خطط لها (لكن لم يستكمل أبدا تجميعها) حول حركات الجسم، والتى كتبها منذ عشرين سنة. ويبدأ المخطط الطويل والتفصيلى بالإعلان الكاسح التالى:

يجب أن يبدأ هذا العمل بالمفهوم حول الإنسان، ولابد
أن يصف طبيعة الرحم وكيف يحيا فيه الطفل، وفى أى

المراحل يستقر فيه، وبأى وسيلة يحصل على الحياة والغذاء، ونموه، وما الفترات بين درجة من النمو وأخرى، وما القوة التى تدفعه خارج جسم الام[٧٧].

ودراسات ليوناردو للأجنة، والمبنية بشكل كبير على تشريح الأبقار والأغنام، تضمنت معظم المواضيع التى أوردها وقادته إلى ملاحظات ونتائج مهمة. وبينما كان معظم المتخصصين فى أيامه يعتقدون أن الخصائص الموروثة تاتى من الأب، كان ليوناردو يجزم بما لا لبس فيه: "تمتلك البذرة الآتية من الأم قدرة مساوية فى الجنين لبذرة الأب"[٧٨].

وصف ليوناردو العمليات الحيوية للجنين فى الرحم، بما فى ذلك تغذيته من خلال الحبل السرى بتفاصيل مذهلة، كما قام أيضا بإجراء سلسلة من القياسات على أجنة الحيوانات ليقدر معدلات نموها. وتعتبر رسومات ليوناردو للأجنة كشوفات رقيقة وحساسة للغموض المحيط بأصول حياة البشر (شكل أ-١ ص ٣٣١) وبكلمات الطبيب شيروين نولاند:

(تصويره) لجنين فى شهره الخامس فى الرحم، هو شيء من الجمال .... ويقف كتحفة فنية، وإذا اعتبرنا أن القليل جدا هو ما كان مفهوما فى ذلك الوقت عن علم الأجنة، يعتبر تحفة فنية لمفهوم علمى كذلك[٧٩].

كان ليوناردو يعرف جيدا فى النهاية، أن طبيعة الحياة وأصلها قد تظل سرا، مهما كان عقله العلمى بارعا، وقد أعلن فى أواخر الأربعينيات من عمره، وكلما تقدم به فى السن أصبح إحساسه بالغموض أعمق، "الطبيعة مليئة بعدد لا نهائى من الأغراض، التى لم تحدث قط فى خبرتنا"[٨٠]، وتقريبا كانت كل الأشكال التى رسمها فى لوحاته الأخيرة بها تلك الابتسامة والتى تعبر عن شيء لا يمكن وصفه، والذى كثيرا ما يترافق مع إصبع يشير. وقد كتب كينيث كلارك: "الغموض بالنسبة لليوناردو، كان ظلا وابتسامة وإصبعا يشير إلى الظلمة."[٨١]

الفصل السابع

الهندسة أثناء الحركة

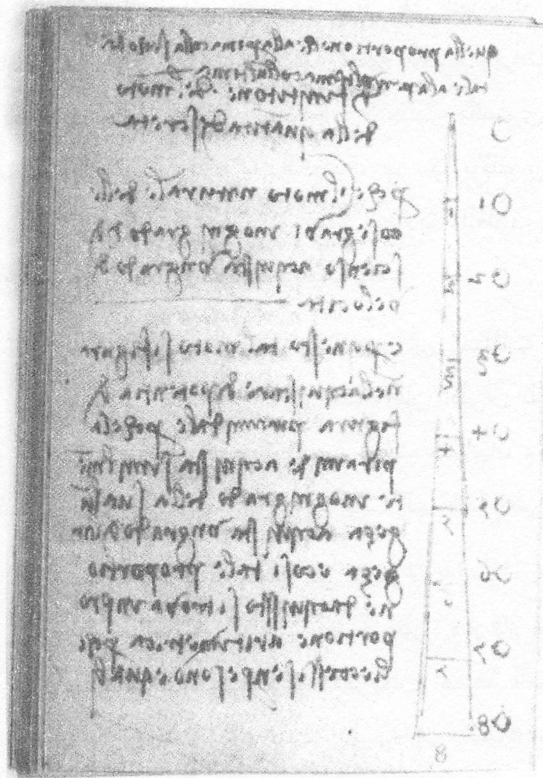
كان ليوناردو على دراية تامة بالدور الحاسم للرياضيات فى صياغة الأفكار العلمية وفى تسجيل وتقييم التجارب، وقد كتب فى مذكراته "ليس هناك يقين، عندما لا يستطيع المرء أن يطبق أى من العلوم الرياضية، ولا تلك التى ترتبط بالعلوم الرياضية"[١]. وفى دراساته التشريحية أعلن باحترام واضح لأفلاطون، "لاتدع أى إنسان ليس عالما بالرياضيات يقرأ مبادئى[٢]".

كان تناول ليوناردو للرياضيات كعالم وليس كمتخصص فى الرياضيات. وقد أراد أن يستخدم الرياضيات ليعطى تناسقا وصرامة لوصف ملاحظاته العلمية، ومع ذلك، ففى عصره لم تكن هناك لغة رياضية مناسبة لتعبر عن نوع العلم الذى كان يتناوله – استكشاف أشكال الطبيعة أثناء حركتها وتحولاتها. وهكذا استخدم ليوناردو مقدرته على التخيل وحدسه العظيم لإجراء الاختبارات بتقنيات جديدة، بشرت بفروع فى الرياضيات، لم تتطور إلا بعد قرون من ذلك، وقد تضمن ذلك نظرية الدوال ومجالات حساب التكامل والطوبولوجيا، كما سأناقش لاحقا.

وتنتشر أشكال ليوناردو الرياضية وملاحظاته خلال كل مذكراته، ولم يتم تقييم الكثير منها حتى الآن بشكل تام. وبينما لدينا كتب تنويرية مكتوبة بواسطة الأطباء حول دراساته التشريحية، وتحليلات تفصيلية لرسوماته الخاصة بالنباتات بواسطة علماء النبات، فإننا مازلنا فى حاجة لمجلد شامل عن أعماله فى الرياضيات يكتبه علماء رياضيات محترفون. وهنا لا أستطيع أن أعطى إلا موجزا مختصرا لهذا الجانب الرائع من عبقرية ليوناردو.

وكما رأينا، فى عصر النهضة كانت الرياضيات تتكون من فرعين رئيسيين، الهندسة والجبر، كانت الهندسة موروثة من الإغريق، بينما طور علماء الرياضيات العرب الجبر بصورة رئيسية[٣]. كانت الهندسة تعتبر أساسية أكثر، خاصة بين فنانى عصر النهضة، والذين كانت تمثل بالنسبة لهم أساس المنظور، وبذلك كانت هى الدعم الرياضى لفن الرسم[٤]. وكان ليوناردو من هذا الرأى تماما. وحيث إن منهجه فى العلم كان بصريا بشكل كبير، فليس من الغريب أن كل تفكيره الرياضى كان هندسيا، ولم يتبحر كثيرا فى الجبر، ومن المؤكد أنه كان يرتكب أخطاء عفوية بصورة متكررة فى العمليات الحسابية البسيطة، وكانت الهندسة هى فى الواقع الرياضيات المهمة، الأمر الواضح من ثنائه على العين على أنها "أميرة الرياضيات[٥]".

وفى هذا الشأن لم يكن ليوناردو وحده، وحتى بالنسبة لجاليليو الذى جاء بعد مائة عام من ليوناردو، كانت لغة الرياضيات تعنى فى الأساس لغة الهندسة. كتب جاليليو فى مقطع كثيرا ما يتم اقتباسه، "الفلسفة مكتوبة فى ذلك الكتاب العظيم الذى يقع دائما أمام أعيننا، لكننا لا نفهمه ما لم نتعلم أولا اللغة والخواص المكتوب بها؛ فاللغة هى الرياضيات، والخصائص هى المثلثات والدوائر والأشكال الهندسية الأخرى"[٦].



شكل (٧-١) "القانون الهرمى" مخطوطة M، ملف ٥٩٧

ومثل معظم علماء الرياضيات فى عصره، كثيرا ما استخدم ليوناردو الأشكال الهندسية ليمثل العلاقات الجبرية. والمثال البسيط لكنه عبقرى، هو استخدامه المعروف للمثلثات والأهرامات لتصوير المتواليات الحسابية، والذى نطلق عليه الآن بصفة أكثر عمومية، الدوال الخطية[٧]. كان على دراية باستخدام الأهرامات لتمثيل النسب الخطية من دراساته للمنظور، حيث لاحظ أنه، "ترسل كل الأشياء صورها إلى العين بواسطة هرم من الخطوط. وبتعبير "هرم من الخطوط" فإننى أعنى أن هذه الخطوط والتى تبدأ من حواف سطح كل جسم، ثم تتقارب من البعد وتلتقى فى نقطة مفردة .... تقع فى العين"[٨].

وفى مذكراته، كثيرا ما كان ليوناردو يمثل هذا الهرم أو المخروط، بمقطع رأسى، أى ببساطة على شكل مثلث، قاعدته حافة الجسم ورأسه نقطة فى العين. واستخدم ليوناردو عندئذ هذا الشكل الهندسى - مثلث متساوى الساقين - ليمثل المتواليات الحسابية والعلاقات الجبرية الخطية، مرسيا بذلك رابطة بصرية بين نسب المنظور والعلاقات الكمية فى كثير من مجالات العلوم، مثل تزايد سرعة الأجسام الساقطة مع الزمن، التى سنناقشها فيما بعد.

وكان ليوناردو يعرف من الهندسة الإقليدية أن المثلثات المتساوية الساقين المتتالية بقواعد على مسافات متساوية من رأسها، فإن أطوال تلك القواعد، وكذلك بعدها عن نقطة النهاية لرأس المثلث تكون متواليات حسابية، وقد أطلق على هذه المثلثات "أهرامات" وأشار وفقا لذلك إلى المتواليات الحسابية على أنها هرمية.

ويصور ليوناردو مرارا هذه التقنية فى مذكراته، فمثلا، يرسم "هرما" (مثلثا متساوى الساقين) بقواعد متتالية، مرقمة بدوائر صغيرة وأرقام متسلسلة من ١ إلى ٨. وفى النص المصاحب، يقدم ليوناردو تعريفا واضحا للمتواليات الحسابية: "الهرم.... يكتسب فى كل درجة من طوله درجة فى اتساعه، ويوجد مثل هذا الاكتساب التناسبى فى النسب الحسابية، لأن الأجزاء المتزايدة متساوية دائما[٩]".

ويستخدم ليوناردو هذا الشكل الخاص ليصور الزيادة فى سرعة الأجسام الساقطة مع الزمن، ويفسر ذلك، الحركة الطبيعة للأشياء الثقيلة، عند كل درجة من هبوطها تكتسب درجة من السرعة. ولهذا السبب، فإن مثل هذه الحركة، كلما اكتسبت قوة، يمكن تمثيلها على شكل هرم[١٠]"، ونحن نعرف أن عبارة "كل درجة من هبوطها" تشير إلى وحدة من وحدات الزمن، لأنه يكتب فى صفحة سابقة من نفس المذكرات قائلا، "الجاذبية التى تهبط بحرية فى كل درجة من الزمن تكتسب.... درجة من السرعة".[١١] وبعبارة أخرى، يرسى ليوناردو القانون الرياضى الذى ينص على أن للأجسام الساقطة بحرية هناك علاقة خطية بين السرعة والزمن[١٢].

وبلغة الرياضيات اليوم فإننا نقول إن سرعة سقوط جسم دالة خطية من الزمن، ونكتبها بالرموز v=gt، حيث ترمز g لعجلة الجاذبية الثابتة. لم تكن هذه اللغة متاحة أيام ليوناردو. ومفهوم الدالة على أنها علاقة بين متغيرات، لم يظهر إلا فى أواخر القرن السابع عشر. وحتى جاليليو قد وصف علاقة الدالة بين السرعة والزمن لجسم ساقط بكلمات ولغة التناسب، كما فعل ليوناردو قبله ب ١٤٠ سنة[١٣].

كان ليوناردو يعتقد طوال معظم حياته أن المتوالية "الهرمية" هى قانون رياضى عالمى يصف كل العلاقات الكمية بين المتغيرات الفيزيائية. وقد اكتشف مؤخرا فقط فى حياته أن هناك أنواعا أخرى من علاقات الدوال بين المتغيرات الفيزيائية، وأن بعضا منها يمكن تمثيله أيضا بواسطة الأهرامات؛ فمثلا، أدرك ليوناردو أنه يمكن أن تتغير كمية ما مع مربع متغير آخر، وأن هذه العلاقة هى الأخرى، قد تجسدت فى هندسة الأهرام. ففى تتابع لأهرامات مربعة تشترك فى الرأس، تكون مساحة القواعد متناسبة مع مربع بعدها عن الرأس. وكما لاحظ كينيث كيل، لم يكن هناك شك أنه بمرور الزمن كان يمكن لليوناردو أن يراجع ويوسع الكثير من تطبيقات قانونه الهرمى فى ضوء نظرته الثاقبة الجديدة[١٤]. لكن، كما سنرى فضل ليوناردو أن يستكشف نوعا مختلفا من الرياضيات فى السنوات الأخيرة من حياته.

الرسم فى الأشكال

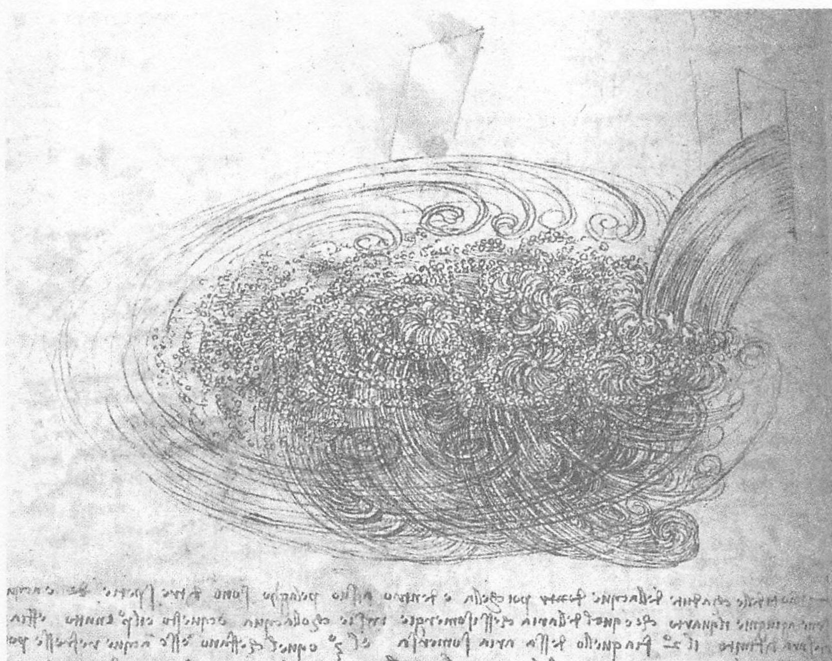
أدرك ليوناردو مبكرا جدا أن الرياضيات فى عصره غير مناسبة لتسجيل معظم النتائج المهمة لأبحاثه العلمية – وصف طبيعة الأشكال الحية فى حركاتها وتحولاتها المتواصلة. وبدلا من الرياضيات، كان ليوناردو يستخدم بشكل متكرر إمكانياته غير العادية فى الرسم، ليوثق عن طريق الأشكال ملاحظاته على شكل صور كثيرا ما كانت جميلة بشكل أخاذ، وفى الوقت نفسه كانت تحل محل الأشكال الرياضية.

فمثلا، لم تكن لوحته الشهيرة "ماء يسقط على ماء" (شكل ٧-٢) لقطة واقعية لماء متدفق يسقط فى بركة، بل هو شكل تفصيلى لتحليل ليوناردو للعديد من أنواع الاضطراب الذى تحدثه صدمة الماء المتدفق(١٥).

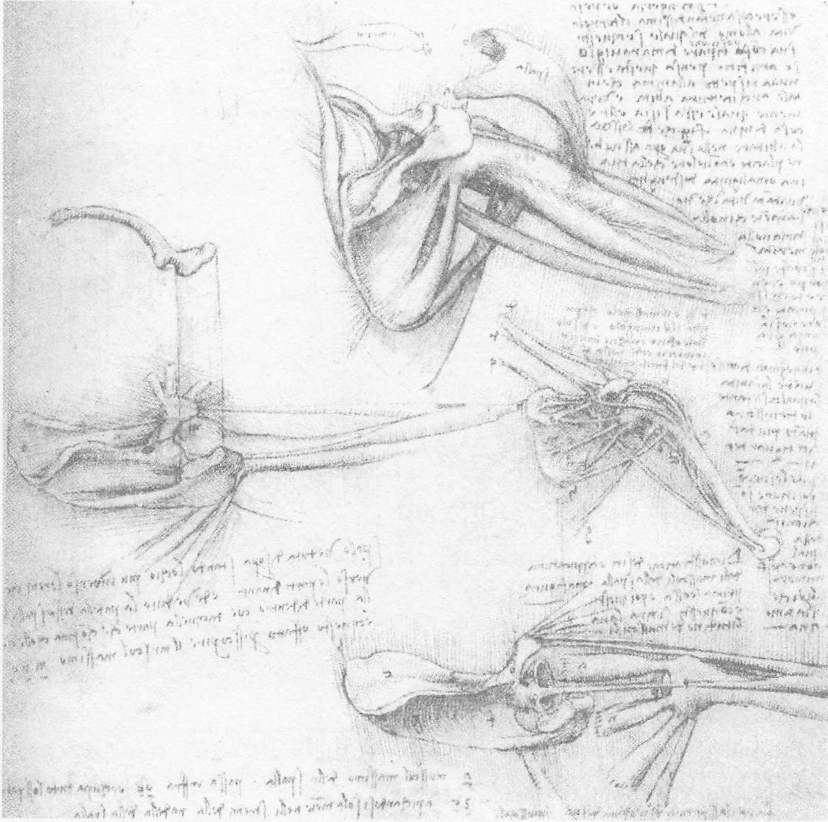
وبالمثل كانت رسومات ليوناردو التشريحية والتى أطلق عليها "الاستعراضات" ليست دائما صورا صادقة لما قد يراه المرء فى تشريح فعلى، وكثيرا ما كانت هذه الرسومات تمثيلا تشكيليا لعلاقات الوظائف بين الأجزاء المختلفة للجسم(١٦).

فمثلا فى سلسلة من الرسومات للبنى العميقة فى الكتف (شكل ٧-٣)، يجمع ليوناردو بين التقنيات التشكيلية المختلفة - ترى الأجزاء المختلفة منفصلة عن الكل، وقد اقتطعت العضلات بعيدا لتعرية العظام، وهى الأجزاء المرقمة بسلسلة من الحروف، وأربطة تبين خطوط القوى، من بين أشياء أخرى - لتعرض الاتساع المكانى وعلاقات الوظائف التبادلية للأشكال التشريحية، وتعرض هذه الرسومات بوضوح خصائص الأشكال الرياضية المستخدمة فى منهج التشريح.

ولم تكن رسومات ليوناردو العلمية - سواء كانت تصور عناصر الآلات أو البنى التشريحية أو التكوينات الـــچيولوچية، أو انسيابات مضطربة للماء، أو تفاصيل نبات - قط تمثيلا واقعيا لملاحظة مفردة، بل كانت بالأحرى نتيجة ملاحظات متكررة، قد رسمت ببراعة على شكل نماذج نظرية. ويعرض دانيال أراسى نقطة مثيرة: كلما صور ليوناردو الأشياء واضحة فى خطوطها العريضة، كانت هذه الصور تمثل نماذج مفاهيمية بدلا من صور واقعية، وعندما كان يرسم صورا واضحة للأجسام، كان يقوم بتضبيب الخطوط العريضة مستخدما تقنية سفوماتو الشهيرة، وذلك ليمثلها كما تظهر فعليا لعين الإنسان(١٧).



شكل (٧-٢): ماء يتساقط فوق ماء حوالى ١٥٠٨ - ٩، مجموعة وندسور، دراسات المشاهد والنباتات والماء ملف ٤٢٢



شكل (٧-٣)، البنية العميقة للكتف، حوالى ١٥٠٩، دراسات تشريحية، ملف ١٣٦٢

الهندسة أثناء الحركة

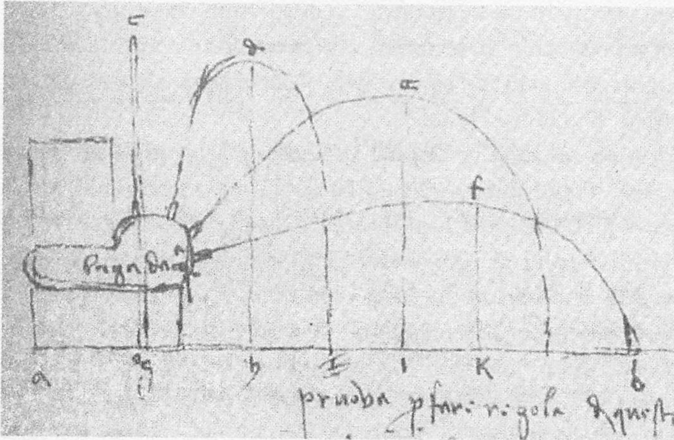
بالإضافة إلى استخدام مهاراته الاستثنائية فى الرسم، اتبع ليوناردو منهجا رياضيا رسميا أكثر لتمثيل أشكال الطبيعة، وأصبح مهتما بجدية بالرياضيات عندما كان فى أواخر الثلاثينات من عمره، بعد زيارته لمكتبة بافيا. وقد وسع من دراساته للهندسة الإقليدية بعد بضع سنوات بمساعدة عالم الرياضيات والصديق لوكا باتشيولى[١٨]. وعلى مدى ما يقرب من ثمان سنوات درس بجدية مجلدات من كتاب "العناصر" لإقليدس فى رسوماته الخاصة ومذكراته، وكما لاحظ كينيث كلارك، "لم يكن نظام إقليدس كافيا بالنسبة لليوناردو لفترة طويلة، لأنه تعارض مع شعوره بالحياة [١٩]".

وما وجده ليوناردو مثيرا بصفة خاصة فى الهندسة، هو مقدرتها على التعامل مع المتغيرات المستمرة، وقد كتب فى مخطوطة مدريد: "العلوم الرياضية... نوعان فقط، الأول منهما هو الحساب، والثانى هو الهندسة؛ يحتوى أحدهما على كميات متقطعة (أى متغيرات)، أما الآخر فكميات مستمرة[٢٠]. وكان واضحا بالنسبة لليوناردو أن رياضيات الكميات المستمرة ضرورية لوصف الحركات والتحولات المستمرة فى الطبيعة. وفى القرن السابع عشر طور علماء الرياضة نظرية الدوال، وحساب التفاضل لهذا الغرض تحديدا،[٢١] وبدلا من هذه الأدوات الرياضية المتقدمة، لم يكن لدى ليوناردو سوى الهندسة فقط، لكنه توسع فيها وأجرى تجارب مستخدما تفسيرات وأشكال جديدة من الهندسة والتى بشرت بتطورات لاحقة.

وعلى النقيض من أشكال إقليدس الهندسية الجامدة والساكنة، كان مفهوم ليوناردو للعلاقات الهندسية متأصلا ديناميكيا، ويتضح ذلك حتى من تعريفاته للعناصر الهندسية الأساسية. وقد أعلن أنه "يتكون الخط من حركة النقطة، ويتكون السطح من حركة الخط... ويتكون الجسم من حركة السطح الممتدة."(٢٢) وفى القرن العشرين، استخدم الرسام ومنظر الفنون بول كلى تقريبا كلمات متطابقة لتعريف الخط والمستوى والجسم فى مقطع مازال يستخدم إلى اليوم لتعليم طلاب التصميم عناصر التصميم المعمارى الأولية:

> تتحرك النقطة .... ليوجد الخط - البعد الأول فإذا أزيح الخط ليشكل مستوى، فإننا نحصل على عنصر ذى بعدين. وفى الحركة من المستوى إلى الفراغات، ويؤدى تشابك المستويات إلى الأجسام.(٢٣)

وقد رسم ليوناردو تماثلات بين مقاطع من خط وفترات زمنية: "الخط مثل طول الزمن، وحيث إن النقاط هى بداية ونهاية الخط، فعليه تكون اللحظات هى النقاط النهائية لأى فترة زمنية."(٢٤) أصبح هذا التماثل بعد قرنين أساس مفهوم الزمن كإحداثى فى الهندسة التحليلية لديكارت وفى حسابات التفاضل والتكامل لنيوتن."



شكل (٧-٤) مجموعة من دفقات الماء تخرج من قربة تحت ضغط. مخطوطة C، ملف 7r (عكست الجوانب لتجعل التماثل مع الأشكال الحديثة للمنحنيات الهندسية أكثر وضوحا).

وكما يشير عالم الرياضيات ماتيلدى ماكانيو[٢٥]، من جهة يستخدم ليوناردو الهندسة لدراسة المسارات والأنواع المختلفة من الحركات المعقدة فى الظواهر الطبيعية؛ ومن جهة أخرى يستخدم الحركة كأداة لاستعراض النظريات الهندسية. وقد أطلق على منهجه "استعراض الهندسة بالحركة" (geometria che si prova col moto) (che si fa col moto)[٢٦].

تحتوى مذكرات ليوناردو عددا ضخما من الرسوم والمناقشات حول المسارات من جميع الأنواع، بما فى ذلك مسارات القذائف، وارتداد الكرات عن الحوائط، وتدفق الماء الساقط خلال الهواء فى البرك، والتدفقات النابعة عبر خزان ماء، وانتشار الصوت وتردده كصدى. وفى كل هذه الحالات يبدى ليوناردو اهتماما بالغا بهندسة القذائف، ومنحنياتها وزوايا السقوط والانعكاس وغيرها. وكانت رسومات خطوط المسار التى تعتمد على متغير واحد لها أهمية خاصة؛ فعلى سبيل المثال، مجموعة من تدفقات الماء الخارجية من قربة تحت الضغط، والتى تنتج عن زوايا ميل مختلفة للفتحات (انظر شكل ٧-٤). ويمكن اعتبار هذه الرسومات البشير الهندسى لمفهوم دالة المتغيرات المستمرة، التى تعتمد على مؤشر ما.

تطورت مفاهيم الدوال والمتغيرات والمؤشرات تدريجيا فى القرن السابع عشر من دراسة المنحنيات الهندسية الممثلة للقذائف، ولم تتم صياغتها بوضوح إلا فى القرن الثامن عشر بواسطة عالم الرياضيات والفيلسوف العظيم جوتفريد ويلهلم لايبنز[٢٧].

كان الفرع الثانى ذو الأصالة الفائقة لهندسة ليوناردو هو هندسة التحولات المستمرة للأشكال مستقيمة الأضلاع والأشكال منحنية الأضلاع، التى شغلته بشكل مكثف خلال اثنتى عشرة سنة من حياته. كانت الفكرة المحورية وراء هذا الطراز الجديد من الهندسة هى مفهوم ليوناردو لكل من الحركة والتحول كعمليات انتقال مستمرة، والذى فيه تترك الأجسام منطقة ما فى الفضاء وتشغل منطقة أخرى. ويفسر ذلك بقوله، "بالنسبة لأى شىء يتحرك، فإن الفراغ الذى يشغله مساو تماما للفراغ الذى يتركه[٢٨]".

رأى ليوناردو فى هذا الحفاظ على الحجم مبدأ عاما يتحكم فى كل تغيرات وتحولات الأشكال الطبيعية، سواء كانت أجساما جامدة فى فراغ أو أجساما مرنة تغير من شكلها، وقد طبق هذا المبدأ على تحليل الحركات المختلفة للجسم البشرى، بما فى ذلك تقلص العضلات[٢٩] بصفة خاصة، كما طبق كذلك على سريان الماء والسوائل الأخرى، وهذا ما كتبه حول سريان نهر "إذا لم يزدد الماء أو ينقص فى نهر ما، والذى قد يكون به منحنيات متنوعة، واتساعات وأعماق متغيرة، ستمر المياه بكميات متساوية فى أزمنة متساوية فى كل درجة من طول ذلك النهر[٣٠]".

وإدراك أن نفس الحجم من الماء يمكن أن يتخذ عددا لا نهائيا من الأشكال قد تكون هى التى ألهمت ليوناردو للبحث عن هندسة جديدة للتحولات الديناميكية، ومن المدهش أن أول استكشافاته لمثل هذه الهندسة فى مخطوطة فورستر يتطابق مع الدراسات المتزايدة لأشكال الموجات والدوامات فى ماء جار [٣١]. من الواضح أن ليوناردو قد اعتقد أنه بتطوير "هندسة أثناء الحركة" مؤسسة على الحفاظ على الحجم قد يكون قادرا على أن يصف حركات وتحولات الماء المستمرة والأشكال الطبيعية الأخرى بدقة رياضية. شرع ليوناردو منهجيا فى تطوير مثل هذه الهندسة، وبعمله ذلك توقع بعض التطورات المهمة فى الفكر الرياضى والتى لم تحدث إلا بعد عدة قرون.

عن التحول

كان هدف ليوناردو النهائى هو تطبيق هندسته للتحولات على حركات وتغيرات الأشكال منحنية الخطوط للماء والأجسام المرنة الأخرى، لكن لكى يطور تقنيته بدأ بتحولات الأشكال مستقيمة الخطوط، حيث الحفاظ على المساحات والحجوم يمكن برهنته بسهولة بهندسة إقليدس الأولية، وبفعله ذلك، كان رائدا فى وضع طريقة ستصبح ممارسة عيارية فى العلوم أثناء القرون التالية – لتطوير

أطر رياضية بمساعدة نماذج غير واقعية مبسطة قبل استخدامها فى الظواهر الفعلية محل الدراسة.

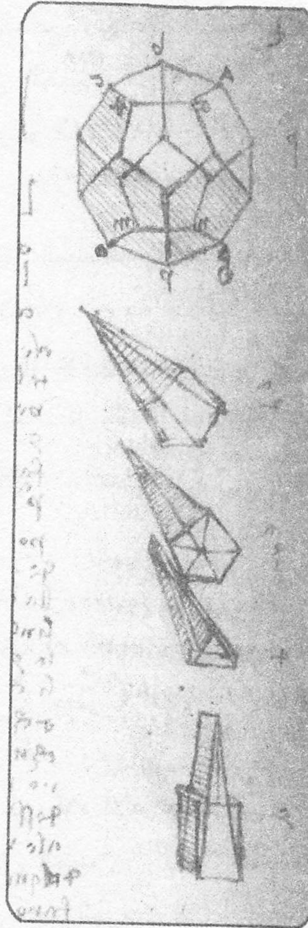
والكثير من أمثلة ليوناردو للتحولات مستقيمة الخطوط موجودة فى الملفات الأربعين الأولى فى مخطوطة فورستر ا تحت عنوان "كتاب عنوانه "عن التحولات"، أى تحول جسم إلى آخر دون نقصان أو زيادة فى المادة[٣٢]". ويبدو ذلك كأنه الحفاظ على الكتلة، لكن فى الواقع كانت كل رسومات ليوناردو تتعامل مع الحفاظ على المساحة أو الحجم، وبالنسبة للأجسام الجامدة والسوائل غير القابلة للانضغاط، فإن الحفاظ على الحجم يعنى الحفاظ على الكتلة، وصياغة عنوانه تظهر لنا أن استكشافات ليوناردو الهندسية كانت مقصودة بوضوح لدراسة مثل هذه الأجسام المادية.

يبدأ ليوناردو بتحولات المثلثات والمستطيلات (والتى أطلق عليها "قمم المنضدة") ومتوازيات الأضلاع، وكان يعرف من الهندسة الإقليدية أن أى مثلثين أو متوازيى أضلاع لهما نفس القاعدة ونفس الارتفاع يكون لهما نفس المساحة حتى لو كانت أشكالها مختلفة تماما. ثم وسع بعد ذلك هذا المنطق للتحولات على ثلاثيات الأبعاد، وتغير المكعبات إلى منشورات قائمة الزوايا ومقارنة حجوم الأهرامات العمودية والمائلة.

وفى أكثر أمثلته تعقيدا، قام ليوناردو بتحويل جسم ذى اثنى عشر وجها (دوديكاهيدرون) – جسم منتظم له اثنا عشر وجها خماسيا – إلى مكعب له نفس الحجم. وقد قام بذلك فى أربع خطوات صورها بوضوح (انظر الشكل ٧–٥): يقطع أولا الجسم ذى الاثنى عشر وجها إلى ١٢ هرمًا متساويًا، لكل منها قاعدة خماسية؛ ثم تقطع كل واحد من هذه الأهرامات إلى ٥ أهرامات أصغر لكل منها قاعدة مثلثية، حيث أصبح الآن الجسم ذو الاثنى عشر وجها مقطعا إلى ٦٠ هرما متساويًا، وبذلك محافظا على حجم الهرم، وفى الخطوة الأخيرة يكوم الستين هرما

المتساوية الزوايا إلى مكعب، والذى من الواضح أن له نفس حجم الجسم ذى الاثنى عشر ضلعا الأصلى.

وفى خطوة رائعة أخيرة، قام ليوناردو عندها بعكس الخطوات لكل العملية، بادئا بمكعب ومنتهيا بجسم ذى الاثنى عشر وجها له نفس الحجم. ولا حاجة أن نقول أن هذه المجموعة من التحولات تبين تصورا عظيما ومقدرات هائلة على التخيل.



شكل (٧-٥) تحويل جسم ذى اثنى عشر وجها إلى مكعب، مخطوط فورستر ا، ملف ٧٢

وحالما توصل ليوناردو إلى ثقة كافية وإمكانية مع تحولات الأشكال مستقيمة الأضلاع، تحول إلى الموضوع الرئيسى فى استكشافاته الرياضية - تحولات الأشكال منحنية الأضلاع. وفى مثال "انتقالى" مثير، يرسم ليوناردو مربعا بدائرة مرسومة داخله ثم حول المربع إلى متوازى أضلاع، وبذلك حول الدائرة إلى شكل بيضاوى. وفى نفس الملف، يحول المربع إلى مستطيل؛ وفيه تحدث استطالة للدائرة لتتحول إلى شكل بيضاوى مختلف، ويفسر ليوناردو ذلك بأن علاقة الشكل البيضاوى (figura ovale) بالنسبة لمتوازى الأضلاع هى نفسها علاقة الدائرة بالنسبة للمربع، ويجزم بأن مساحة الشكل البيضاوى يمكن التوصل إليها بسهولة إذا وجدت الدائرة الصحيحة المكافئة[٣٣].

وأثناء استكشافاته للدوائر والمربعات، جرب ليوناردو حل مسألة تربيع الدائرة، التى خلبت لب علماء الرياضة منذ القدم. وفى شكلها الكلاسيكى كان التحدى هو تصميم مربع له نفس مساحة دائرة معينة، وأن تعمل ذلك باستخدام المسطرة والمنقلة فقط، ونحن نعرف اليوم أن ذلك مستحيل، فإن عددا لا يحصى من المحترفين والهواة من علماء الرياضة قد حاولوا ذلك. عمل ليوناردو على هذه المسألة مرارا وتكرارا على مدى أكثر من اثنى عشر عاما.

وفى إحدى المحاولات المعينة، عمل على ضوء شمعة ليلا، وببلوغ الفجر اعتقد أنه قد وصل إلى الحل فى النهاية، وقد سجل بإثارة فى مذكراته: "وفى ليلة القديس أندرو، وجدت نهاية لتربيع الدائرة، وفى نهاية ضوء الشمعة، ونهاية تلك الليلة، ونهاية الورقة التى أكتب عليها، اكتمل الحل؛ فى نهاية الساعة"[٣٤]. فإنه مع تقدم النهار، توصل إلى إدراك أن محاولته كانت غير ذات جدوى وحتى على

الرغم من عدم نجاح ليوناردو فى حل المشكلة الكلاسيكية لتربيع الدائرة، فإنه قد توصل إلى حلين عبقريين وغير معروفين، يكشف كلاهما عن تفكيره الرياضى. قسم ليوناردو الدائرة إلى عدد من القطاعات، والتى قسمت بدورها إلى مثلث قطع دائرية صغيرة، ثم أعاد ترتيب هذه المقاطع بطريقة تجعلهم يكونون مستطيلا تقريبا، يكون فيه الضلع الأصغر مساويا لنصف قطر الدائرة (r) والضلع الأكبر مساويا لنصف المحيط (C/2). وإجراء هذه الخطوات بأعداد أكبر وأكبر من المثلثات، سيميل الشكل ليصبح مستطيلا مساحته مساوية لمساحة الدائرة، واليوم يمكن أن نكتب صيغة المساحة. $\prod A= r(C/2)=r^2$

تتضمن الخطوة الأخيرة من هذه العملية مفهوما دقيقا عن الاقتراب من حدود عدد لا نهائى من مثلثات متناهية الصغر، والذى أمكن فهمه فقط فى القرن السابع عشر مع تطور حساب التفاضل والتكامل. تجنب علماء الرياضة الإغريق الخوض فى الأعداد والعمليات اللانهائية، وبذلك أصبحوا غير قادرين على صياغة المفهوم الرياضى للحدود. ومع ذلك، فمن المثير يبدو أن ليوناردو كان لديه على الأقل حسا حدسيا حول الموضوع؛ فقد كتب فى مخطوطات وندسور يقول: "أقوم بتربيع الدائرة وطارحا منها نقطة يمكن إدراكها.[٣٥]" وقال فى مخطوطةأاتلانتيكاس: (لقد) أكملت هنا وسائل عديدة لتربيع الدوائر وإعطاء القواعد للتقدم نحو مالانهاية.[٣٦]

والطريقة الثانية لتربيع الدائرة أكثر براجماتية بكثير. ومرة ثانية يقسم ليوناردو الدائرة إلى عدد كبير من المقاطع الصغيرة، فإنه بعد ذلك - ربما بتشجيع من حسه الحدسى بعملية النهايات فى الطريقة الأولى - لف ببساطة نصف المحيط على طول خط، وكون وفقا لذلك مستطيلا، ضلعه الأصغر مساويا لنصف القطر، وهكذا توصل ثانية إلى الصيغة الصحيحة، والتى يعزوها عن صواب إلى أرشميدس[٣٧].

وطريقة ليوناردو الثانية التى اتفقت تماما مع ذهنه العملى، تتضمن ما ندعوه الآن خرطنة المنحنى إلى خط مستقيم، وقد قارنه بعملية قياس المسافات بواسطة حركة دوران عجلة، كما وسع أيضا هذه العملية لتشمل بعدين، مخرطنا أسطحًا منحنية متنوعة إلى مستويات[٣٨]. وقد وصف فى عدد من ملفات مخطوطة G خطوات دحرجة الأسطوانات والمخروطات والكرات على الأسطح المستوية لإيجاد مساحات أسطحها. وقد أدرك أن الأسطوانات والمنشورات يمكن خرطنتها على مستوى، خط بخط، دون أى تشويه، بينما كان ذلك غير ممكن بالنسبة للكرة. لكنه جرب بطرق عديدة تقريب خرطنة كرة على مستوى، وهى ما يقابل مشكلة رسامى الخرائط لإيجاد خرائط مستوية دقيقة لسطح الأرض.

تضمنت إحدى طرق ليوناردو رسم دوائر متوازية على جزء من الكرة، وبذلك يتم وضع علامات على سلسلة من الشرائط الصغيرة، وبعد ذلك يتم لف أو دحرجة الشرائط الواحد تلو الآخر، بحيث يتكون مثلث تقريبى على السطح المستوى. وكانت الشرائط مدهونة حديثا بحيث تترك أثرا على الورقة، وكما يشير ماكينو، بشرت هذه التقنية بقدوم حساب التكامل، والذى بدأ فى القرن السابع عشر بمحاولات مختلفة لحساب أطوال المنحنيات، ومساحات الدوائر، وأحجام الكرات[٣٩]. وفى الحقيقة، تضمنت بعض هذه المجهودات تقسيم الأسطح المنحنية إلى مقاطع صغيرة برسم سلسلة من الخطوط المتوازية كما فعل ذلك ليوناردو قبل قرنين[٤٠].

تحولات الأضلع المنحنية

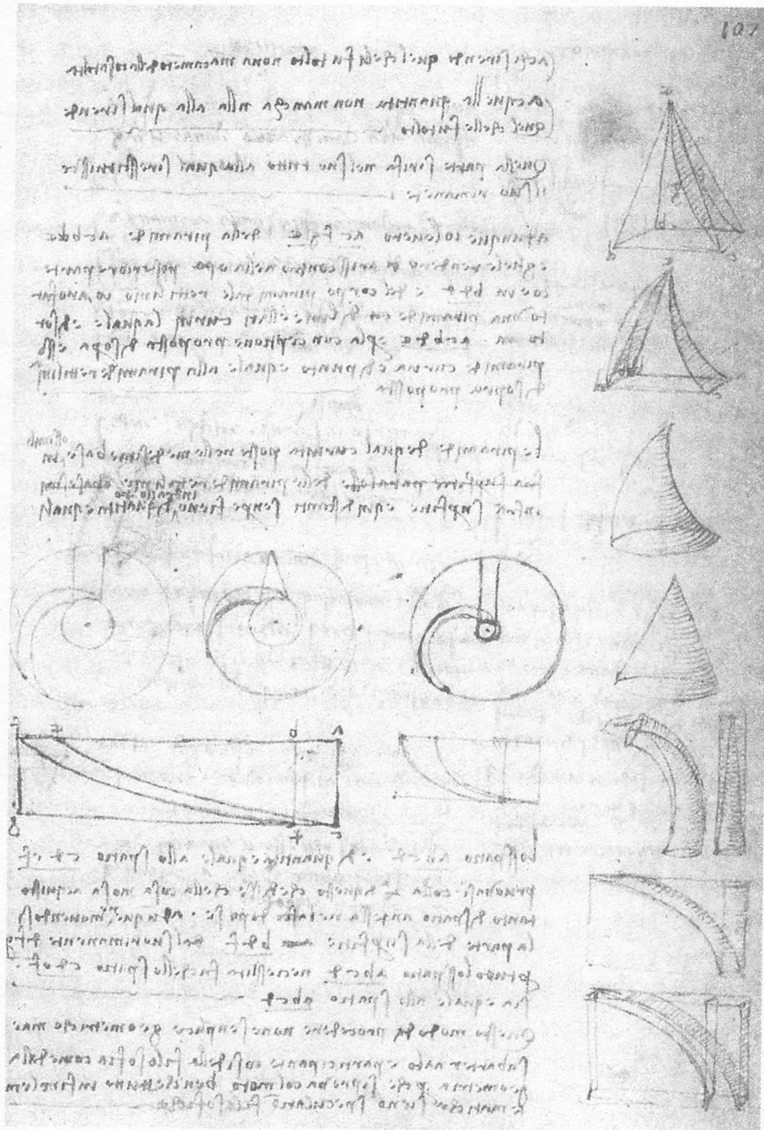
وبلغة الرياضيات اليوم، يمكن استخدام مفهوم الخرطنة كذلك لتحويل ليوناردو دائرة إلى بيضاوى، والذى يتم فيه خرطنة نقاط أحد المنحنيات على نقاط المنحنى الآخر مع خرطنة كل النقاط المقابلة الأخرى من المربع إلى متوازى

الأضلاع، وبديلا عن ذلك، يمكن رؤية العملية كتحول مستمر - حركة تدريجية أو سريان من شكل إلى آخر - وذلك هو ما فهمه ليوناردو "لهندسته فى الحركة". وقد استخدم هذا المنهج فى طرق متنوعة ليحول مستقيم الأضلع إلى أشكال منحنية الأضلاع بحيث تظل أحجامها أو مساحاتها دائما ثابتة، ويتم تصوير ومناقشة هذه الخطوات منهجيا فى مخطوطة مدريد II، بل هناك عدد لا يحصى من رسومات متعلقة بالموضوع مبعثرة فى كل المذكرات[٤١].

استخدم ليوناردو تحولات منحنيات الأضلاع هذه لإجراء تجارب بعدد لا نهائى من الأشكال المتنوعة، ليحول الأشكال مستقيمة الأضلاع المسطحة والأجسام الجامدة - مخروطات وأهرامات وأسطوانات... إلخ - إلى أشكال منحنية الأضلاع مساوية. وفى أحد الملفات المثيرة من مخطوطة مدريد II يصور ليوناردو تقنيته الأساسية برسم اسكتشات لتحولات عديدة مختلفة على صفحة واحدة (انظر شكل ٧-٦). ويفسر ليوناردو فى الفقرة الأخيرة من النص فى ذلك الملف أن تلك أمثلة لـ "هندسة تم عرضها مع الحركة" (geometria che si prova col moto)[٤٢]

وكما لاحظ ماكنيو وآخرون، أن بعض هذه الاسكتشات تذكارية بشكل كبير لأشكال دوامية لمواد فى سوائل دوارة (مثل شراب الشوكولاتة فى لبن متحرك)، والتى درسها ليوناردو باستفاضة. ويعزز ذلك بشدة مرة أخرى، أن هدف ليوناردو النهائى كان استخدام هندسته لتحليل تحولات الأشكال الفيزيائية الفعلية، وعلى وجه الخصوص الدوامات والسريانات المضطربة الأخرى.

وفى هذه المساعى، ساعدت مقدرة ليوناردو الاستثنائية كثيرا فى تصور الأشكال الهندسية كأشكال فيزيائية، ووصفها فى شكل تماثيل من الصلصال فى خيال ليوناردو، ثم رسم اسكتشا لها بسرعة ودقة، ويكتب مارتن كيمب "ومهما كانت المشكلة الهندسية تجريدية، كان إحساسه بعلاقتها بالأشكال الفعلية أو الكامنة فى العالم الفيزيائى، غير بعيد بالمرة" ويبين ذلك رغبته التى لا تقاوم فى تظليل الأشكال الهندسية كما لو كانت هذه الأشكال بورتريهات لأشياء موجودة بالفعل[٤٣].



شكل (٧-٦) كتالوج ليوناردو للتحولات، مخطوطة مدريد II، ملف ١٠٧r

عندما ننظر إلى هندسة ليوناردو من وجهة نظر رياضيات يومنا هذا، وبصفة خاصة من منظور نظرية التعقيد، نستطيع أن نرى أنه قد طور بداية فرع الرياضيات المعروف الآن بالطوبولوچيا. ومثل هندسة ليوناردو، فإن الطوبولوچيا هى هندسة التحولات المستمرة، أو الخرطنة، التى يتم الحفاظ فيها على خواص معينة للأشكال الهندسية؛ فمثلا يمكن تحويل كرة إلى مكعب أو أسطوانة، ولها كلها سطوح مستمرة متماثلة. وعلى النقيض، تختلف الدونت طبوغرافيا (نتوء مستدير) لأن الثقب موجود فى المركز ويمكن تحويل النتوء المستدير مثلا إلى فنجان قهوة حيث يبدو الثقب الآن فى المقبض. وبكلمات مؤرخ الرياضيات موريس كلاين:

> يهتم علم الطوبولوچيا بتلك الخواص للأشكال الهندسية والتى تظل ثابتة لا تتغير عندما تنثنى أو تتمدد أو تتقلص أو تتشوه تلك الأشكال بأى طريقة لا تتسبب فى تكوين نقاط جديدة أو دمج النقاط الموجودة. وبعبارة أخرى، يقترح التحول مسبقا أن هناك تقابل بين النقاط الواحدة أمام الأخرى، بين نقاط الشكل الأصلى ونقاط الشكل المتحول، وأن التحول يأخذ النقاط القريبة إلى نقاط أخرى قريبة. وتسمى الخاصية الأخيرة بالاستمرارية[٤٤].

وتحولات ليوناردو الهندسية للأشكال المستوية والأجسام الجامدة، أمثلة واضحة للتحولات الطوبولوچية. ويطلق علماء الطوبولوچيا الحديثون على الأشكال التى ترتبط ببعضها بمثل هذه التحولات، والتى يتم فيها الحفاظ على الخواص الهندسية العامة، متكافئة طوبولوچيا. ولا تتضمن هذه الخواص المساحة أو الحجم؛

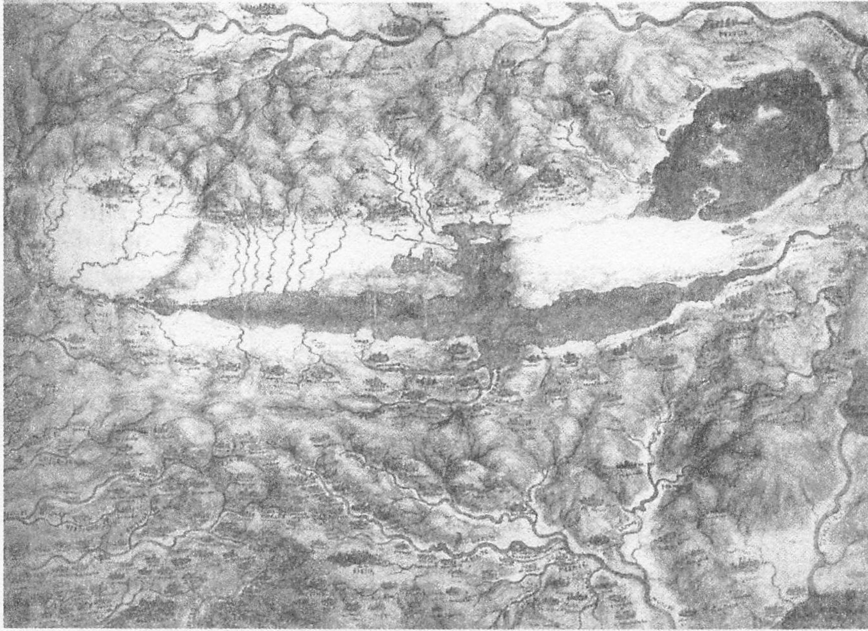
حيث قد تتسبب التحولات الطوبولوچية فى انتشار أو تمدد أو تقلص الأشكال الهندسية اعتباطيا. وعلى النقيض، ركز ليوناردو على العلميات التى تحافظ على المساحة أو الحجم، وأطلق على الأشكال المتحولة "مساوية" للأشكال الأصلية، وحتى على الرغم من أن هذه التحولات تمثل فقط مجموعة جزئية صغيرة من التحولات الطوبولوچية، فإنها تظهر الكثير من السمات المميزة للطوبولوچيا عموما.

وينسب المؤرخون عادة الفضل فى الاستكشافات الطوبولوچية الأولى للفيلسوف وعالم الرياضيات لايبنز، الذى حاول فى أواخر القرن السابع عشر تعريف الخواص الأساسية للأشكال الهندسية فى دراسة أطلق عليها هندسة المكان (geometria situ). ولكن لم يتناول أحد العلاقات الطوبولوچية منهجيا حتى مفرق القرنين التاسع عشر والعشرين، عندما نشر هنرى بوانكريه، عالم الرياضيات الرائد فى ذلك العصر، سلسلة من المقالات الشاملة حول الموضوع[٤٥]. لذلك يعتبر بوانكريه مؤسس علم الطوبولوچيا. وتعتبر تحولات هندسة ليوناردو والتى تجرى أثناء الحركة، أشكالا مبكرة لهذا المجال المهم من الرياضيات - ثلاثمائة سنة قبل لايبنز وخمسمائة سنة قبل بوانكريه.

وأحد الموضوعات التى فتنت ليوناردو منذ سنواته المبكرة فى ميلانو، كان تصميم متاهات العقد المتشابكة، وهذا الموضوع اليوم فرع خاص من الطوبولوچيا. والعقدة عند علماء الرياضيات هى حلقة أو مسار مغلق ومتشابك يشبه حبلا معقودا التحم طرفاه معا، وذلك بالضبط ما درس بنيته ورسمه ليوناردو، وحتى تصميمه لمثل هذه الموضوعات المدمجة معا، اتبع تقليدا مألوفا فى عصره[٤٦]. لكنه فاق معاصريه بكثير فى هذا الأسلوب، معالجا تصميمات عقده وكأنها موضوعات دراسات نظرية، وراسما كمية مهولة من البنى المتداخلة فائقة التعقيد[٤٧].

كان التفكير الطوبولوجــى - أى التفكير بمدلول الارتباط، والعلاقات الفراغية، والتحولات المستمرة - هو الاهتمام الآخر عند ليوناردو. والكثير من دراسات ليوناردو المعمارية وخاصة تصميماته للكنائس والمعابد المتماثلة نظريا، يظهر مثل هذه الخصائص(٤٨). وهكذا أيضا تظهر كثير من أشكاله العديدة، ويمكن كذلك لتقنيات ليوناردو الطوبولوچية أن توجد فى خرائطه الجغرافية. استخدم ليوناردو فى خريطته الشهيرة لوادى تشيانا (شكل ٧-٧)، الموجودة الآن ضمن مجموعة وندسور، منهجا طوبولوچيا ليحرف المقياس بينما يقدم صورة دقيقة لترابط المنطقة بمجاريها المائية المعقدة.

تم تكبير الجزء المركزى والذى أظهر نسبا دقيقة، بينما تم تشويه المناطق المحيطة بشدة لكى يتمكن من إدخال المنظومة الكلية لمجارى المياه فى التصميم المذكور(٤٩).



شكل (٧-٧) خريطة وادى تشيانا، ١٥٠٤، مجموعة وندسور. رسومات وأوراق مختلطة. مجلد ١٧، ملف ٤٣٩٧

خلال الاثنتى عشرة سنة الأخيرة من حياته، أمضى ليوناردو قسما كبيرا منها فى خرطنة واستكشاف التحولات الهندسية أثناء الحركة، وقد كتب مرات عديدة عن نيته فى وضع نتائج هذه الدراسات فى رسالة أو أكثر. وأثناء السنوات التى قضاها فى روما، وبينما كان يجمع معرفته عن السريانات المضطربة والمعقدة، فى طوفان رسوماته الشهيرة[٥٠]، كتب ليوناردو خلاصة وافية ورائعة للتحولات الطوبولوچية بعنوان "حول لعبة الهندسة" (Deludo geometrico) فى ملف مزدوج كبير فى مخطوطة أتلانتيكاس.[٥١] وقد رسم ١٧٦ شكلا تظهر تنوعات مذهلة من الأشكال الهندسية، مكونة من دوائر ومثلثات ومربعات متقاطعة – صفا بعد صف من أنساق هلالية ووردية ونباتية أخرى، وازدواجات من أوراق الشجر، ودواليب الهواء، ونجوم منحنية الأضلاع. وكثيرا ما كان يفسَّر هذا التفاعل اللانهائى للأفكار الهندسية على أنها شخبطة للتسلية من فنان يتقدم فى السن – مجرد تضييع للوقت – وبكلمات كينيث كلارك "هى مجرد تضييع فكرى للوقت"[٥٢].اتخذ مؤرخو الفنون مثل هذا التقييم لأنهم لم يكونوا على دراية عامة بالأهمية الرياضية لهندسة تحولات ليوناردو، ويبين الفحص الدقيق للملفات المزدوجة أن أشكالها الهندسية، على الرغم من تعقيداتها وخيالها، فإن كلها مبنية على مبادئ طوبولوچية صارمة[٥٣].

وعندما أنتج ليوناردو ملفه المزدوج عن المعادلات الطوبولوچية، كان قد تجاوز الستين من عمره، وقد واصل استكشافه لهندسة التحولات أثناء السنوات الأخيرة من حياته، لكن لابد أنه قد أدرك أنه مازال بعيدا جدا عن تطويرها إلى النقطة التى يمكن عندها استخدامها لتحليل التحول الفعلى للموائع والأشكال

الفيزيائية الأخرى. ونحن نعرف اليوم أنه لمثل هذه المهام، يحتاج المرء إلى أدوات رياضية أكثر تعقيدا مما كان فى حوزة ليوناردو، وفى ديناميكا الموائع الحديثة مثلا، نستخدم تحليل المتجهات والكميات الممتدة بدلا من الهندسة، لوصف حركة الموائع تحت تأثير الجاذبية وضغوط الجر المتنوعة. ومع ذلك، فإن مبادئ ليوناردو الأساسية للحفاظ على الكتلة، والمعروفة اليوم للفيزيائيين بمعادلة الاستمرارية، هى جزء أساسى من المعادلات التى تصف حركة الماء والهواء، وفيما يتعلق بالأشكال دائمة التغير، من الواضح أن حدس ليوناردو الرياضى كان فى المسار الصحيح.

الحاجة إلى أشكال الطبيعة

عمل ليوناردو، مثل جاليليو ونيوتن والأجيال المتعاقبة من العلماء، منطلقا من الافتراض الأساسى بأن العالم الفيزيائى مرتب فى أساسه، وأن علاقاته السببية يمكن إدراكها بالذهن العقلانى، ويمكن التعبير عنها رياضيا.[٥٤] وقد استخدم مصطلح "الحاجة أو الضرورة" ليعبر عن الطبيعة الصارمة لتلك العلاقات السببية المرتبة.، وقد كتب سنة ١٤٩٣ بعد أن بدأ أولى دراساته فى الرياضيات[٥٥]، "الحاجة هى موضوع الطبيعة ومبتكرها، كما أنها كابحها وقاعدتها".

وحيث إن علم ليوناردو هو علم النوعيات للأشكال العضوية، وحركاتها وتحولاتها، فإنه رأى أن الضرورة الرياضية فى الطبيعة لم يتم التعبير عنها بكميات وعلاقات عددية، لكنها واحدة من الأشكال الهندسية دائمة التحول لنفسها وفقا لقوانين ومبادئ صارمة. كان تعبير "رياضى" بالنسبة لليوناردو يشير رغم كل شىء إلى منطق الطبيعة وصرامتها وتماسكها الذى تشكلت به الطبيعة ويعاد تشكيلها باستمرار فى أشكالها العضوية.

ويختلف هذا المعنى لمصطلح "رياضى" تماما عن المعنى الذى فهمه كثير من العلماء أثناء الثورة العلمية، وعلى مدى الثلاثمائة سنة التالية، ومع ذلك، فهو لا يختلف عن بعض من رواد الرياضيات فى العالم اليوم. وقد نتجت لغة رياضية جديدة عن التطوير الحديث لنظرية التعقيد، والتى لم تعد تتمثل فيها النظم الديناميكية المعقدة - بما فيها السريانات المضطربة وأنساق نمو النباتات التى درسها ليوناردو - بواسطة العلاقات الجبرية، بل بالأشكال الهندسية، مثل ألعاب الكمبيوتر الغريبة أو الكسور، والتى يمكن تحليلها بمدلول مفاهيم طوبولوچية[٥٦].

ومن الطبيعى أن هذا المفهوم الرياضى الجديد كان أكثر تجريدا وتعقيدا بكثير من أى شىء كان ممكنا لليوناردو تخيله فى القرنين الخامس عشر والسادس عشر. لكن هذا المصطلح يستخدم بنفس الروح التى طور هو فيها "هندسته أثناء الحركة" - ليبين بصرامة رياضية كيف تتشكل وتتحول الظواهر الطبيعية المعقدة بواسطة "الحاجة" إلى القوة الفيزيائية. وقد أدت رياضة التعقيدات إلى الاعتراف الجديد بالهندسة، والإدراك واسع المدى بأن الرياضيات هى أكثر كثيرا من مجرد صيغ ومعادلات. وعلماء الرياضة الحديثون اليوم، مثلهم مثل ليوناردو دافينشى منذ خمسمائة عام، يوضحون لنا اليوم أن استيعاب الأنساق والعلاقات والتحولات أمر حاسم لفهم العالم الحى من حولنا، وأن كل التساؤلات عن الأنساق والترتيب والتماسك هى فى النهاية أمور رياضية.

الفصل الثامن

أهرامات الضوء

لم يكن منهج ليوناردو العلمى مبنيا فقط على الملاحظة المنهجية والدقيقة للطبيعة - سبيرنزا (الخبرة المباشرة بالظواهر الطبيعية)[١] - بل تضمن أيضا تحليلا تفصيليا وشاملا لعمليات الملاحظة نفسها. كان منهجه بوصفه فنانًا وعالمًا، فى أغلبه بصريا، وقد بدأ استكشافاته "لعلم فن الرسم" بدراسة المنظور: فاحصا كيف تؤثر ظروف المسافة والضوء والجو على مظهر الأجسام. وانطلاقا من المنظور اتخذ وجهتين متضادتين - إلى الخارج وإلى الداخل، كما كان الحال، وقد درس هندسة أشعة الضوء، وتداخل الضوء والظل، وطبيعة الضوء نفسه، كما درس كذلك تشريح العين، وفسيولوجيا الرؤية، ومسارات انطباعات الحواس على طول الأعصاب حتى "مقعد الروح".

وبالنسبة للمفكر فى العصر الحديث، الذى تعود أن يسخط على عملية تفتيت المناهج الأكاديمية، من المذهل أن نرى كيف تحرك ليوناردو برشاقة من المنظور وتأثيرات الضوء والظل إلى طبيعة الضوء، ومسارات الأعصاب البصرية، وأفعال الروح. وكونه غير معاق بواسطة انشطار الروح - الجسد الذى أدخله ديكارت بعد ليوناردو بـــ ١٥٠ سنة، ليس من المستغرب أنه لم يفصل الإبستمولوچيا (نظرية المعرفة) عن الأنتولوچيا (نظرية ما هو موجود فى العالم) ولا الفلسفة عن العلم والفن بالتأكيد، وقد أدت به فحوصاته واسعة المدى لعمليات الإدارك الحسى الكلية إلى صياغة أفكار غاية فى الأصالة حول العلاقة بين الواقع الفيزيائى والعمليات المعرفية - وهى فى لغته "أفعال الروح" - والتى بزغت مجددًا مع تطور علم المعرفة ما بعد الديكارتية[٢].

علم المنظور

تقف دراسات ليوناردو المبكرة للإدراك الحسى فى بداية أعماله العلمية، وقد كتب فى مذكراته الأولى، مخطوطة تريفولزيانس[٣]، والتى بدأها فى ١٤٨٤ يقول "أصل كل معرفتنا فى الحواس" وخلال السنوات التالية شرع فى دراساته الأولى فى تشريح العين والأعصاب البصرية، وفى نفس الوقت استكشف هندسة المنظور الخطى، والضوء والظل، واستعرض فهمه العميق لهذه المفاهيم فى أولى لوحاته الرائعة، "عشق ماجى" و "عذراء الصخور"[٤]

تكشف اهتمام ليوناردو بالرياضيات التى تكمن فى أساس المنظور والبصريات فى صيف ١٤٩٠، عندما قابل عالم الرياضيات فازيو كاردانو من جامعة بافيا[٥]. كانت له مناقشات طويلة مع كاردانو حول موضوعات المنظور الخطى والبصريات الهندسية والتى تعرف باسم "علم المنظور." وبعد هذه المناقشات، سرعان ما ملأ ليوناردو مذكرتين برسالة قصيرة عن المنظور وبالعديد من أشكال البصريات الهندسية[٦]. وقد عاد ليوناردو لدراسة البصريات والرؤية بعد ذلك بثمانية عشر عاما، حوالى ١٥٠٨، عندما استكشف الدقائق المتنوعة للإدراك الحسى المرئى، وفى ذلك الوقت، راجع ليوناردو مذكراته وجمع نتائجه حول الرؤية فى المخطوطة الصغيرة D، والتى تشبه فى بنيتها الموجزة والأنيقة مخطوطته حول طيران الطيور، التى كتبها فى نفس الوقت تقريبا.

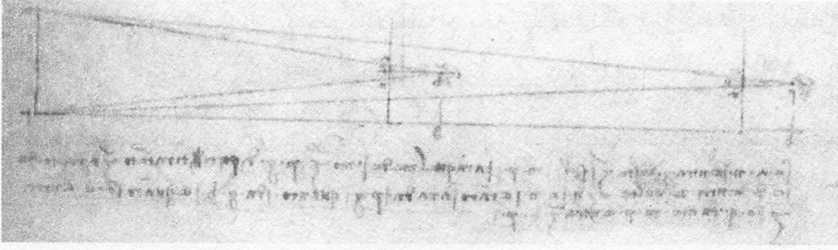
تم إرساء المنظور الخطى مبكرا فى القرن الخامس عشر بواسطة المعماريين برونيلليتشى وآلبرتى على أنه تقنية رياضية لتمثيل الصور ثلاثية الأبعاد فى مستوى ثنائى الأبعاد. وقد اقترح آلبرتى فى عمله الكلاسيكى[٧] De pictura (حول فن

الرسم) أن الرسم يجب أن يعطى الانطباع بأنه نافذة ينظر من خلالها الفنان إلى العالم المرئى. تختزل جميع الأجسام بطريقة منهجية فى الصورة مع تراجعها إلى مسافات أبعد، وتتقارب كل خطوط الرؤية لتلتقى فى "نقطة مركزية" منفردة سميت فيما بعد "بنقطة التلاشى"، والتى تقابل نقطة الرؤية الثابتة للمشاهد.

وكما يشير المؤرخ المعمارى جيمس أكرمان، إن هندسة المنظور التى تطورت بواسطة الفنانين الفلورنسيين كانت أول مفهوم علمى لفراغ ثلاثى الأبعاد:

> وكطريقة لتصميم فراغ مجرد، يمكن فيه لأى جسم أن يرتبط مع أى جسم آخر، كان منظور الفنانين تمهيدا للفيزياء الحديثة والفلك الحديث. وربما كان التأثير غير مباشر وتم نقله لاشعوريا، لكن تظل الحقيقة أن الفنانين كانوا أول من توصل إلى نموذج رياضى عام للفراغ، وأنه كون خطوة أساسية فى التطور من رمزية العصور الوسطى إلى الصورة الحديثة للعالم[٨].

استخدم ليوناردو تعريف آلبرتى للمنظور الخطى كنقطة بدايته، وقال "المنظور ليس إلا رؤية مكان خلف لوح من زجاج، شفاف تماما، وعلى الأجسام الموجودة خلفه أن ترسم عليه[٩]"، وبعد بضع صفحات من المذكرات يقدم ليوناردو تفسيرا هندسيا بمساعدة صورة "هرم من الخطوط"، الأمر الذى كان مألوفا فى بصريات العصور الوسطى[١٠]. وكانت أول مقولة حول المنظور هى الأخرى، تتواصل بالرجوع إلى الأهرامات المرئية. ويشرح ليوناردو "هذه [الأجسام] من الممكن تعقبها من خلال الأهرامات حتى نقطة العين، وتتقاطع الأهرامات على اللوح الزجاجى."[١١]



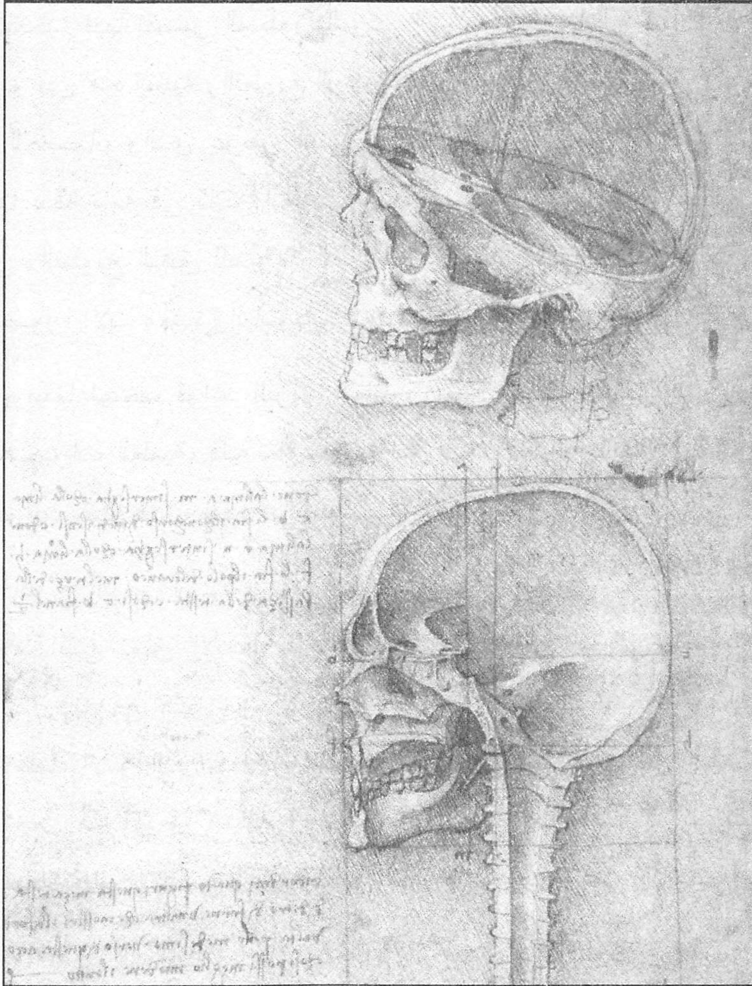
شكل (٨-١) هندسة المنظور الخطى، مخطوطة أتلانتيكاس، ملف ١١٩r

ولتعيين إلى أى مدى تتناقص صورة جسم على لوح الزجاج بالضبط كلما بعد الجسم عن العين، أجرى ليوناردو سلسلة من التجارب، والتى غير فيها المتغيرات المتعلقة بالموضوع فى كل الاحتمالات الممكنة - ارتفاع الجسم، ومسافته من العين، والمسافة بين العين ولوح الزجاج الرأسى[١٢]. ورسم اسكتشات للترتيب التجريبى فى أشكال مختلفة، مثل ما يظهر فى الشكل (٨-١)، حيث يظل الجسم ثابتا بينما عين المشاهد واللوح الزجاجى أمامها قد وضعا فى موقعين مختلفين. وترى بوضوح "الأهرامات" المقابلة (مثلثات متساوية الساقين) من زاويتي رؤية مختلفتين.

ومن هذه التجارب، أرسى ليوناردو بحسم نهائى أن ارتفاع الصورة على اللوح الزجاجى يتناسب عكسيا مع بعد الجسم عن العين، إذا ظلت المسافة بين العين واللوح الزجاجى ثابتة. وقد سجل فى المخطوطة A، "لقد وجدت بالخبرة أنه إذا كان الجسم الثانى يقع على بعد من الجسم الأول مساو لبعد الجسم الأول عن العين، وعلى الرغم من أن لهما نفس الحجم، فإن الجسم الثانى سيبدو نصف حجم الجسم الأول"[١٣]، وفى مكان آخر يسجل سلسلة من المسافات مع التناقص المقابل لصورة الجسم، ثم ينتهى بالقول: "كلما تضاعفت المسافة، تضاعف التناقص[١٤]".

كانت هذه النتائج التى توصل إليها فى أواخر ثمانينيات القرن الخامس عشر، علامة على استكشافات ليوناردو الأولى للمتواليات الحسابية أو "الهرمية".

ولإرساء هذه المتواليات لم يكن عليه فى الواقع، إجراء كل هذه التجارب لأن العلاقة الخطية العكسية بين بعد الجسم عن العين واختزال صورته على اللوح الزجاجى، يمكن استنباطها بسهولة بواسطة هندسة إقليدس الأولية. ولكن مر ما يقرب من عشر سنوات قبل أن يكتسب ليوناردو تلك المهارات الرياضية[١٥].



شكل (٨-٢) مقطع فى جمجمة بشرية، دراسات تشريحية، ملف ٤٣٢

استعرض ليوناردو فهمه الكامل للمنظور الخطى ليس فى رسوماته الفنية فقط، بل كذلك فى رسوماته العلمية. وبينما كان يجرى تجاربه على هندسة المنظور، كان يفحص كذلك الارتباطات التشريحية بين العين والمخ.

وثق ليوناردو نتائجه فى سلسلة من الرسومات البديعة للجمجمة البشرية، التى تستخدم فيها تقصير المنظور المرئى إلى حد كبير (انظر شكل ٨-٢)، جمع ليوناردو بين هذه التقنية والتطويع الرقيق للضوء والظل، ليخلق شعورا حيا بالفراغ داخل الجمجمة، والذى عرض البنى التشريحية التى لم تُر أبدا من قبل، وحدد مواقعها بدقة تامة فى ثلاثة أبعاد[١٦]. وقد استخدم نفس المقدرة الفائقة للمنظور المرئى والتطويع الدقيق للضوء والظل فى رسوماته التقنية (انظر مثلا شكل ٨-٣)، مصورا آلات معقدة وآليات بأناقة وفاعلية لم تُر أبدا من قبل[١٧].

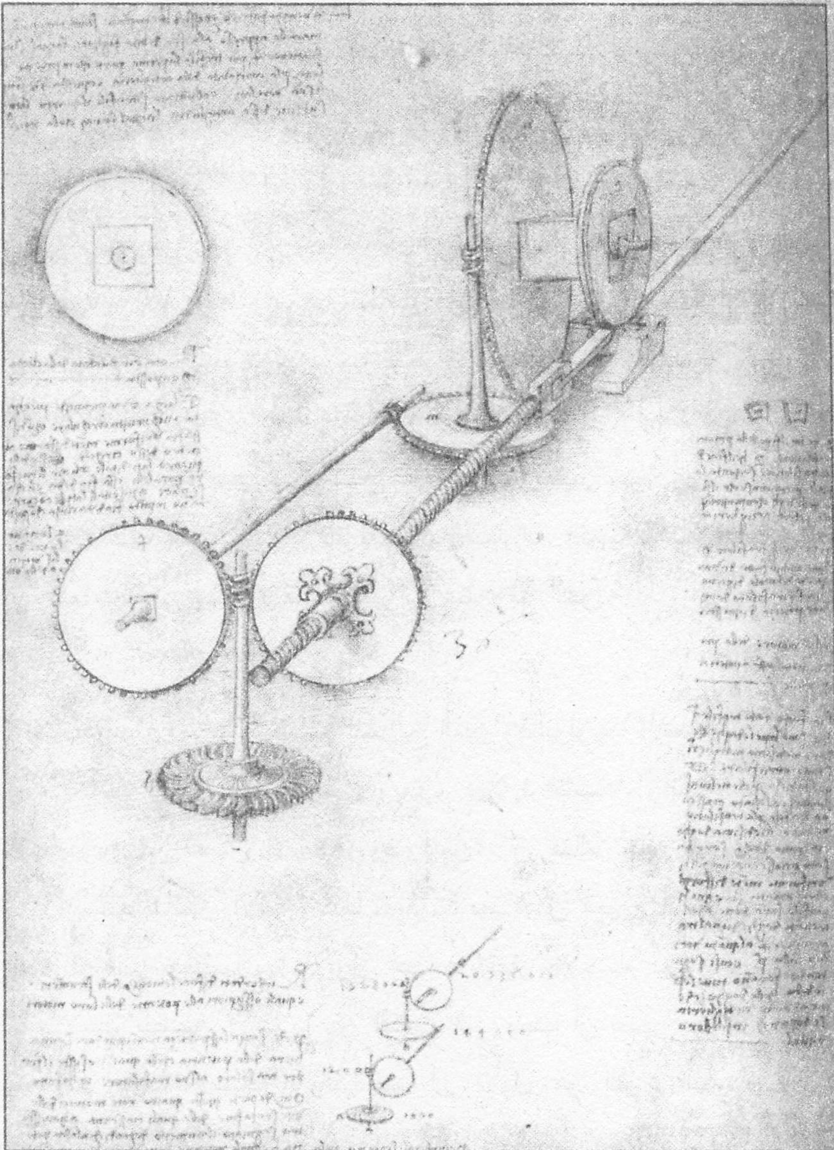
وبينما استخدم قواعد آلبرتى للمنظور بمهارة لإنتاج ابتكارات راديكالية فى فن التصويرات العلمية، فإنه سرعان ما أيقن ليوناردو أنه بالنسبة لرسوماته كانت هذه القواعد مقيدة جدا ومفعمة بالتناقضات[١٨].

اقترح آلبرتى أن يكون الأفق الهندسى لأى رسم فى مستوى عين الأشكال المرسومة لكى يخلق الأبعاد بالاستمرارية بين الفراغ الخيالى والفراغ الخاص بالمشاهد؛ فإنه فى كثير من الأحيان توضع اللوحات الجصية، ولوحات المذبح عالية تماما، الأمر الذى جعل من المستحيل على المشاهد أن ينظر إليهم من نقطة رؤية تجعل هذا الإيعاز ممكنا. وفضلا عن ذلك، افترض نظام آلبرتى نقطة رؤية ثابتة أمام نقطة التلاشى، لكن كان معظم المشاهدين على الأرجح يتحركون وينظرون إلى اللوحة من زوايا مختلفة، وهو الأمر الذى سيقضى على الإيعاز كذلك. كان ليوناردو على دراية تامة، عند رسمه العشاء الأخير، بالتناقضات

الداخلية للمنظور الخطى، دار حول قواعد آلبرتى ليؤكد على وجود الأشكال البشرية ويخلق الإيعازات المفصلة[١٩]، لكنه بعد ذلك لم يرسم أى موضوعات معمارية، وذهب إلى أبعد من المنظور الخطى لفترة القرن الخامس عشر من الفن الإيطالى (quattrocento).

ولكى ينقح ليوناردو نظرية المنظور، تشكك فى افتراضات آلبرتى المبسطة، بأن خطوط كل الأهرامات المرئية تتلاقى فى نقطة رياضية مفردة داخل العين، وبدلا من ذلك، قام بدراسة الفسيولوچيا الفعلية للإدراك الحسى البصرى. وقد لاحظ ليوناردو أن "المنظور ليس إلا معرفة كاملة لوظيفة العين[٢٠]" وأخذ فى حسبانه أن الرؤية الطبيعية ثنائية العينين - تنتج عن حركة العينين بدلا من العين الثابتة المفردة، فى هندسة آلبرتى، وقد قام بفحص المسارات الفعلية للانطباعات الحسية بحرص، كما أخذ فى اعتباره كذلك تأثيرات الظروف الجوية على الإدراك الحسى البصرى.

استنبط ليوناردو من دراساته لتشريح العين وفسيولوچيا الإبصار[٢١]، نظرية للمنظور، تخطت بشكل كبير آلبرتى، وبييرو ديلا فرانشسكا، وفنانين آخرين من الرواد المبكرين فى عصر النهضة. وقد أعلن: "أن هناك ثلاثة أنواع للمنظور، يهتم الأول بسبب تناقص الأشياء كلما تقهقرت بعيدا عن العين، أما الثانى فيحتوى على الطريقة التى تختلف بها الألوان عندما تتقهقر الأجسام بعيدا عن العين. والثالث والأخير يتضمن الإعلان عن الكيفية التى يجب أن تظهر بها الأجسام أقل وضوحا كلما بعدت المسافة". وقد حدد أن الأول هو النوع التقليدى ويدعى "المنظور الخطى"، أما الثانى فهو منظور الألوان، والثالث "منظور الاختفاء"[٢٢].



شكل (٨-٣) آلة درفلة تعمل بقوة الماء. مخطوطة أتلانتيكاس، ملف ١٠٢

كلما ابتعد جسم فى المسافة، ستتقلص صورته آنيا بهذه الوسائل الثلاث، سيتناقص حجمه، وسيخفت لونه، وستتهاوى دقة تفاصيله إلى أن "يختفى" الثلاث عند نقطة التلاشى، ووفقا لليوناردو على الفنان أن يتقن كل الأنواع الثلاثة للمنظور، وبالإضافة لذلك عليه أن يأخذ فى حسبانه نوعا رابعا، "المنظور الهوائى" الذى يسببه تأثير الجو على الألوان والسمات الأخرى للإدراك الحسى البصرى[٢٣]. استعرض ليوناردو مقدرته الماهرة فى تطويع هذه المفاهيم الدقيقة للمنظور فى كثير من رسوماته، وبالفعل، فى كثير من الأحيان، الجو الضبابى والطبيعة الحالمة لمشهد الجبال البعيدة هو الذى يعطى روائعه سحرها المكاني وخواصها الشعرية.

الضوء والظل

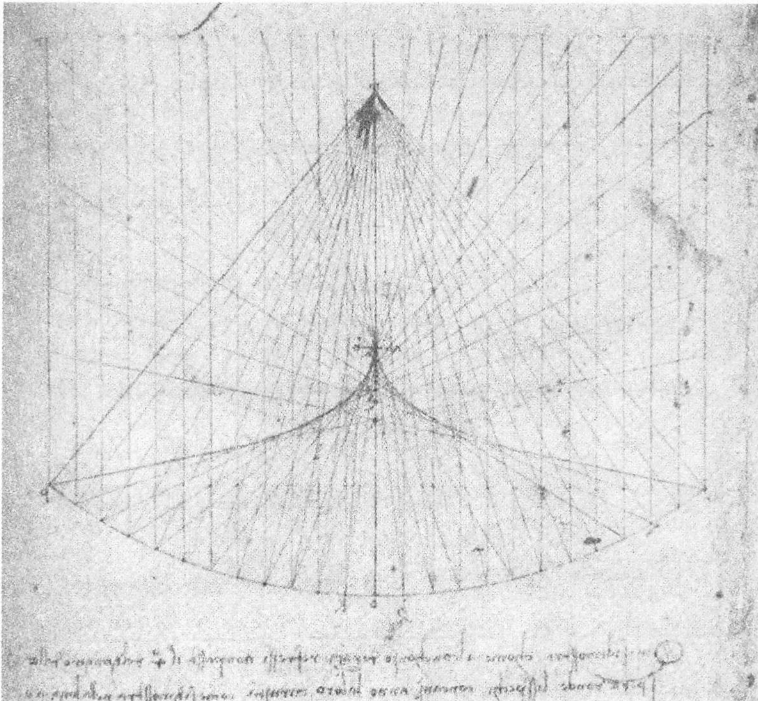
استكشف ليوناردو كذلك بجانب تأثيرات المنظور فى فن الرسم، استكشف هندسة الضوء، والتى تعرف الآن بالبصريات الهندسية، كما استكشف أيضا تفاعل الضوء فى ظروف الإضاءة الطبيعية والاصطناعية. كانت دراسة البصريات قد تطورت بالفعل فى العصور الوسطى، وكان لها تقدير هائل بين فلاسفة العصور الوسطى، الذين ربطوا بين الضوء والقدرة والبهجة الإلهية[٢٤]؛ كانوا يعرفون أن الضوء ينتقل فى خطوط مستقيمة، وأن مساراته تخضع لقوانين هندسية عندما تمر أشعة الضوء خلال العدسات وتنعكس على المرايا؛ وبالنسبة لعقول العصور الوسطى كان ارتباط البصريات بالقوانين الرياضية الأبدية للهندسة برهانا آخر على المصدر الإلهى للضوء.

كانت الشخصية المتسيدة فى بصريات العصور الوسطى هو عالم الرياضيات العربى الحسن[٢٥] (ابن الهيثم)، الذى كتب كتابا فى سبعة مجلدات، كتاب المناظير، والذى نشر بالعربية فى القرن الحادى عشر وكانت ترجمته اللاتينية متاحة على

نطاق واسع تحت عنوان opticae thesaurus، بدءًا من القرن الثالث عشر وما بعده. تضمنت رسالة الحسن (ابن الهيثم) مناقشات تفصيلية للرؤية وتشريح العين، وقد قدم فكرة أن أشعة الضوء تنبعث من الأجسام المضيئة فى خطوط مستقيمة فى جميع الاتجاهات، واكتشف قوانين الانعكاس والانكسار، وقد أولى اهتماما خاصا لمشكلة إيجاد النقطة على مرآة محدبة حيث ينعكس عنها شعاع ضوء ليمر من مصدر معين إلى أحد المشاهدين، والتى أصبحت تبعا لذلك تعرف باسم "مشكلة الحسن". وقد ألهمت بصريات الحسن (ابن الهيثم) العديد من المفكرين الأوروبيين الذين أضافوا ملاحظات أصيلة خاصة بهم، بمن فيهم الفيلسوف البولندى ويتيلو من سيلسيا وكذلك جون بيتشم، وروجر بيكون من إنجلترا. وكان أول تعارف لليوناردو بأعمال الحسن بن الهيثم الرائدة، عن طريق هؤلاء المؤلفين[٢٦].

ومنذ سنواته المبكرة فى ورشة فيروتشيو، كان ليوناردو على دراية بصقل العدسات واستخدام المرايا المقعرة لتركيز ضوء الشمس من أجل اللحام[٢٧]. وقد حاول طوال حياته تحسين تصميم تلك المرايا الحارقة، وعندما أصبح مهتما بجدية فى نظرية البصريات، قام بدراسة دقيقة لهندساتها. كان مفتونا بالتقاطعات المعقدة للأشعة المنعكسة، والتى استكشفها فى سلسلة من الأشكال الدقيقة والجميلة، متعقبا مساراتها من الأشعة المتوازية للضوء خلال انعكاسها إلى نقطة (أو نقاط) البؤرة. وقد بين ليوناردو أنه فى حالة المرايا الكروية، تتركز الأشعة فى منطقة على طول المحور المركزى (انظر شكل ٨-٤) بينما المرايا على شكل قطع مكافئ هى "مرايا حريق" حقيقية، تركز كل الأشعة فى نقطة واحدة. كما بذل أيضا عدة محاولات لحل مشكلة الحسن، وفى أواخر حياته، وبينما كان يجرى تجارب على مرايا القطع المكافئ فى روما، وجد حلا عبقريا باستخدام جهاز مزود بقضبان مفصلية[٢٨].

وقد صمم ليوناردو فى (الشكل ٨-٤) أشعة الضوء المنعكسة برسم أنصاف قطر المرآة فى كل نقطة (والذى هو عمودى على السطح العاكس) ثم استخدم ما يسمى بقانون الانعكاس الذى ينص على أن زاوية السقوط مساوية لزاوية الانعكاس. كان هذا القانون معروفا بالفعل للحسن (ابن الهيثم)، فإن ليوناردو أدرك أنه لا يستخدم فقط لانعكاس الضوء، بل أيضا للارتداد الميكانيكى لكرة يقذف بها على حائط، ولصدى الصوت[٢٩]. ويكتب ليوناردو فى مخطوطة A قائلا: "سيحدث خط السقوط وخط ارتداده زاوية على الحائط..... بين زاويتين متساويتين" ثم اضاف و"الصوت" مثل الجسم الذى يرى فى المرآة.[٣٠] وبعد عدة سنوات، طبق ليوناردو نفس التفسير على تيار مندفع من الماء ويرتد عن حائط، ملاحظا، مع ذلك أن بعض الماء يرتد على شكل دوامة بعد الانعكاس[٣١].



شكل (٨-٤) دراسة مرآة كروية معقدة، مخطوطة أرونديل، ملف ٨٧٧

وإلى حد بعيد، كان الجزء الأكبر من دراسات ليوناردو البصرية معنيا بتأثيرات الضوء الساقط على الأجسام وطبيعة الأنواع المختلفة للظلال، وكان مشهورا كرسام باستخدامه الدقيق للضوء والظل[٣٢]، وعليه فليس من المستغرب أن الجزء الأطول، الجزء الخامس من رسالته حول فن الرسم عنوانه "حول الظل والضوء." وتحتوى هذه الفصول، بناء على ملاحظاته المبكرة فى المخطوطة، نصائح عملية للرسامين عن كيفية تطويع تدرجات الضوء والظل عند رسم المشاهد، والأشجار، وأغطية الأثاث، ووجوه البشر، كما تحتوى على مناقشات مجردة عن طبيعة الظل، والفرق بين البريق والضوء، وطبيعة التناقصات، وتجاور الألوان، والكثير من الموضوعات الأخرى ذات الصلة.

ووفقا لليوناردو، يعتبر الظل هو العنصر المحورى فى علم فن الرسم. وهو يسمح للرسام أن يمثل بفاعلية الأجسام الجامدة على نحو بارز، بازغة من خلفيات الأسطح المرسومة، وتعريفه الشعرى للظل فى مخطوطة أتلانتيكاس مكتوب بوضوح من وجهة نظر الفنان:

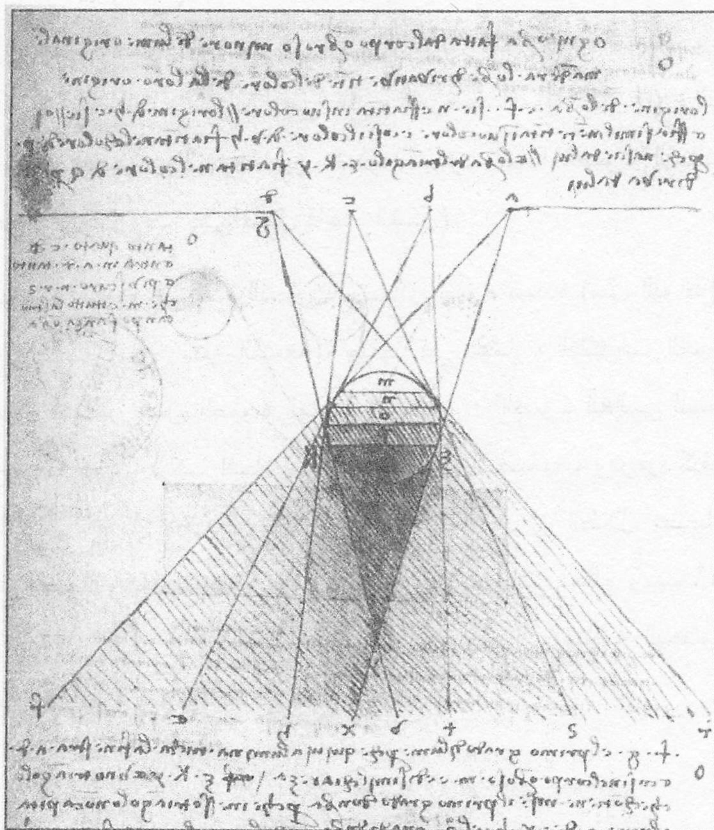
> كل جسم معتم محاط هو، وكل سطحه مغلف بالظل والضوء ... وبجانب ذلك، فإن الظلال نفسها بها درجات مختلفة من الظلمة، فإن المتسبب فيها هو غياب كميات متباينة من أشعة الضوء .... وهى تغطى الأجسام التى تطبق عليها[٣٣].

ولكى نفهم تماما تعقيدات التداخل بين الضوء والظل، صمم ليوناردو سلسلة من التجارب التفصيلية، مستخدما مصابيح تسطع على كرات وأسطوانات، تتقاطع أشعتها أثناء انعكاسها لتحدث تنويعات لا نهائية من الظلال، وكما فعل فى تجاربه على المنظور الخطى، فإنه غير بشكل منهجى المتغيرات ذات الصلة فى هذه

الحالة هى حجم وشكل المصباح، وحجم الجسم المضاء، والمسافة بين الاثنين، وقد ميز بين "الظلال الأصلية" المتكونة على الجسم نفسه، "والظلال الناتجة" (التى ألقى بها الجسم من خلال الهواء على الأسطح الأخرى)[٣٤].

ويبين الشكل (٨-٥)، مثلا، شكلا لكرة مضاءة بضوء ساقط من خلال نافذة، تتبع ليوناردو أشعة الضوء المنبعثة من أربع نقاط (مرقمة a، b، c، d). وهو يبين أربع درجات من الظلال الأولية على الكرة (مرقمة n، o، p، q) والتدرجات المقابلة للظلال الناتجة، والمكونة بين خطوط حدود أشعة الضوء الثمانية خلف الكرة (والمرقمة بالحروف على طول قاعدة الشكل).

يستخدم ليوناردو فى هذه التجارب مصادر ضوء ممتدة (مثل النوافذ) وكذلك مصادر على نقطة (مثل شعلة الشمعة)، ويأخذ فى اعتباره التأثيرات المجمعة من ضوء الشمس المباشر ومن الضوء المحيط المنتشر - "الضوء العالمى للسماء" كما أطلق عليه ليوناردو.[٣٥] كما أدخل كذلك العديد من المصابيح، ودرس كيف تتغير تدرجات الظلال مع كل مصباح جديد، واختبر كيف تتحرك الظلال عندما تتحرك المصابيح والجسم. وكما لاحظ كينيث كلارك، "والحسابات معقدة ومبهمة، لدرجة أننا نشعر حيالها، لأول مرة تقريبا، أن ليوناردو يميل إلى متابعة البحث لغرض البحث نفسه، بدلا من أن يساعده فى فنه[٣٦]".



شكل (٨-٥) تدرجات الظلال الأولية والناتجة، مخطوطة اشبورنهام II، ملف ١٣٢

وتضمنت كذلك ملاحظات ليوناردو البصرية ملاحظات الأجرام السماوية، وخاصة الشمس والقمر، وكان على دراية تامة بالنظام البطلمى لحركة الكواكب، لكن كانت دراساته الفلكية الخاصة تهتم حصريا على الأغلب بمظهر الأجرام السماوية للعين البشرية وانتشار الضوء من جسم لآخر. على حد علمنا، رأى ليوناردو ببساطة أن الفلك امتداد للبصريات وعلم المنظور، وبالفعل أعلن أنه "ليس هناك أى جزء من الفلك ليس دالة من الخطوط البصرية والمنظور"[٣٧].

حاول ليوناردو حساب ارتفاع الشمس من زاويتين مختلفتين للارتفاع، وحساب حجمها بمقارنته بالصورة فى غرفة مظلمة[٣٨]. أما الشيء الذى أثار اهتمامه أكثر، مع ذلك، كان انتقال الضوء بين الأجرام السماوية، وكان على دراية بالتقسيم القديم للعالم إلى "عالم سماوى" تتحرك فيه الأجسام التامة وفقا لقوانين رياضية دقيقة لاتتغير، و"عالم أرضى" فيه الظواهر الطبيعية معقدة ومتغيرة باستمرار وغير تامة[٣٩]. كما كان يعرف أن أرسطو كان يعتقد أن القمر والكواكب كرات تامة لاحيود فيها، لكل واحد منها إضاءته الخاصة به، خالف ليوناردو أرسطو فى هذه النقطة، وبناء على ملاحظاته بالعين المجردة، أعلن وهو على صواب: "ليس للقمر ضوؤه الخاص، لكنه يأتى معظمه من الشمس، ليضيئه، ومن هذه الاضاءة، فإننا نرى بمقدار ما نواجهه".[٤٠]

وعندما أقنع نفسه بأن القمر لا يضيء بذاته، ولكنه يعكس ضوء الشمس، واصل ليوناردو ليدفع بأن القمر لا يمكن أن يكون كرة تامة الاستدارة، حيث إنه لا يبدو مضاء ككرة ساطعة "مثل الكرات الذهبية الموضوعة على قمم المبانى العالية". وقد افترض أن البقع فى إشعاع القمر نتيجة للانعكاسات المتعددة لضوء

الشمس على موجات مياهه. وقد كتب يقول: "جلد أو سطح الماء الذى يكون بحر القمر دائما متموج قليلا أو كثيرا؛ وهذه التعرجات هى السبب فى انتشار صور الشمس التى بلا حصر، والمنعكسة على القمم والتجاويف، والجوانب والجبهات للتجعيدات التى لا حصر لها[٤١]".

ثم فكر أنه لا يمكن أن توجد موجات فى بحر القمر إلا إذا اضطرب سطح مائه بواسطة الهواء، وعليه استنتج أن القمر، مثل الأرض، له مجموعته الخاصة به من العناصر الأربعة[٤٢]. وفى الازدهار الأخير لهذه الملاحظات والحجج المعتمد بعضها على بعض، أشار ليوناردو بأن ضوء الشمس المنعكس من مياه البحر لابد أن ينتقل كذلك فى الاتجاه المعاكس، من الأرض إلى القمر. وقد قاده هذا التفكير إلى المقولة التنبؤية المذهلة "بالنسبة لأى شخص يقف على القمر ... فإن أرضنا هذه بعنصر مائها ستبدو وتعمل تماما مثل ما يفعله القمر بالنسبة لنا[٤٣].

كانت أفكار ليوناردو حول الفلك، حتى وعلى الرغم من أنها كانت صحيحة جزئيا فقط، فإنها وبكل تأكيد جديرة بالملاحظة، ومن الصعب الاعتقاد أنه لم يكن مهتما بالميكانيكا السماوية بالمرة، ونعرف أنه كان يمتلك نسخة من مؤلف بطليموس cosmography (علم الكون) وكان يقدره عاليا، وكان يمتلك كذلك نسخة من كتاب الفلكى العربى أبو مشعر، ومصادر أخرى عديدة للفلك جاء ذكرها فى مذكراته[٤٤]، ولكن لم تصلنا أى مذكرات له عن حركة الكواكب.

ومن المثير أن ليوناردو لم ينصع إلى المعتقد القديم بأن النجوم تؤثر فى الحياة على الأرض. كان المنجمون فى عصر النهضة يتمتعون بسمعة كبيرة، وكانت حرفتا الفلكى والمنجم لا تنفصلان، بل إن ليوناردو حتى قد استخدم كلمة أسترولوجيا astrologia (كلمة منحوتة من الحرفتين) عندما كان يشير إلى علم

الفلك. كان أمراء عصر النهضة بمن فيهم لودوفيكو سفورزا فى ميلانو، كثيرا ما يستشيرون منجمى البلاط حول الأمور الصحية، وحتى حول القرارات السياسية، وهكذا ربما احتفظ ليوناردو بوجهة نظره حول المنجمين فى البلاط لنفسه، لكنه أبدى فى مذكراته ازدراءه لهم، واصفا ممارساتهم بأنها "الرأى المضلل الذى بواسطته (أستميحكم عفوا) يحصلون على لقمة عيشهم من الأغبياء.(٤٥) كان التركيز الرئيسى لدراسات ليوناردو حول العالم الأرضى للحياة، وأشكاله دائمة التغير، وكان يعتقد أن عملياته لا تتأثر بالنجوم بل تتبع "احتياجاتها" الخاصة، والتى كان ينوى فهمها وشرحها عن طريق التفكير القائم على الخبرة المباشرة.

طبيعة أشعة الضوء

لم تجد دراسات ليوناردو حول المنظور والضوء والظل، تعبيرا فنيا فى مقدرته الفائقة على تطويع التعقيدات البصرية الدقيقة، لكنها أنارت ذهنه العلمى كذلك ليفحص طبيعة الأشعة نفسها التى تحمل الضوء فى الأهرامات من الأجسام إلى العين، وبمساعدة طريقته الأولية للملاحظة المنهجية، وبتجارب غاية فى العبقرية التى استخدمت أكثر الأجهزة بدائية، لاحظ ليوناردو الظواهر البصرية، وصاغ المفاهيم حول طبيعة الضوء، الأمر الذى استغرق مئات السنين ليعاد اكتشافه.

كانت نقطة بدايته هى المعرفة المعاصرة والمقبولة بأن الضوء ينبعث بواسطة الأجسام المضاءة فى خطوط مستقيمة، ولاختبار هذا بالتأكيد، استخدم ليوناردو مبدأ الغرفة المعتمة، التى كانت معروفة منذ القدم. وهنا كيف يصف ليوناردو تجربته:

> إذا كانت واجهة المبنى، أو أى ساحة أو حقل، مضاءة
> بواسطة الشمس، وكان فى مواجهتها سكن، وإذا كنت

> فى الواجهة التى تواجه الشمس وقمت بعمل ثقب دائرى صغير، فكل الأجسام المضاءة سترسل صورها خلال هذا الثقب الصغير، وستظهر داخل السكن على الحائط المقابل، والذى يجب أن يكون أبيض اللون، وهناك سترى تلك الصور بالضبط لكن معكوسة ... فإذا كانت الأجسام متعددة اللون والشكل، فإن الأشعة المشكلة للصور ستكون متعددة الألوان والأشكال، وسيكون تعدد الألوان والأشكال هو التمثيل على الحائط[٤٦]

يكرر ليوناردو هذه التجربة عدة مرات مستخدما تشكيلات مختلفة من الأجسام، وبثقوب متعددة فى الغرفة المعتمة، كما صور هو ذلك بوضوح فى الملف الموجود فى مجموعة وندسور.[٤٧] وبإجرائه سلسلة من الاختبارات، فإنه أكد بذلك المعرفة التقليدية: "الخطوط من..... الشمس وأشعة الإضاءة الأخرى المارة خلال الهواء مجبرة على البقاء فى خطوط مستقيمة."[٤٨] كما أنه حدد كذلك أن هذه الخطوط دقيقة إلى ما لانهاية مثل الخطوط الهندسية، ويدعو هذه الخطوط "روحية" ويعنى بذلك ببساطة أنها ليست مادية[٤٩]. وفى النهاية يجزم ليوناردو أن أشعة الضوء هى أشعة قوى - أو كما نقول اليوم طاقة[٥٠] - والتى تشع من مركز الجسم المعنى مثل الشمس. ويكتب ليوناردو، "سيبدو واضحا لمن يجرى التجربة، أن كل جسم مضىء به مركز خفى منه وله.... تصل كل الخطوط الناتجة بواسطة السطح المضاء[٥١]".

وهكذا وخلاصة القول، عرف ليوناردو ثلاث خواص أساسية لأشعة الضوء: فهى أشعة طاقة تتولد عند مركز الأجسام المضيئة، وهى متناهية الرقة وليست مادية؛ وتنتقل دائما فى خطوط مستقيمة، وقبل اكتشاف الطبيعة

الكهرومغناطيسية للضوء فى القرن التاسع عشر، لم يكن فى استطاعة أحد أن يتطور بناء على وصف ليوناردو، بل وحتى عندئذ فإن التناقضات الخاصة بطبيعة موجات الضوء ظلت صامدة حتى قام ألبرت آينشتاين بحلها فى القرن العشرين(٥٢). ومن جهة أخرى، فإن وجهة النظر أن أشعة الضوء عبارة عن خطوط هندسية مستقيمة، مازالت تعتبر تقريبا ممتازا لفهم مدى عريض من الظواهر البصرية تدرس للطلاب فى كلياتنا وجامعاتنا كبصريات هندسية.

الطبيعة الموجية للضوء

عرف ليوناردو فكرة أن أشعة الضوء تنبعث من الأجسام المضاءة فى خطوط مستقيمة فى جميع الاتجاهات من رسالة الحسن بن الهيثم حول البصريات قبل أن يفحصها تجريبيا، أما الفكرة الأخرى التى كانت شائعة فى بصريات العصور الوسطى، والتى تبناها ليوناردو من جون بيتشام (والذى كان بدوره متأثرا بالحسن بن الهيثم)، فقد كانت مفهوم أهرامات الضوء التى تملأ الهواء بصور للأجسام الجامدة:

> يمتلئ جسم الهواء بعدد لانهائى من الأهرامات المكونة من خطوط مستقيمة مشعة تنبعث من حواف أسطح الأجسام الجامدة الموضوعة فى الهواء؛ وكلما بعدت الأهرامات عن هدفها زادت حدتها، وعلى الرغم من أن مساراتها المتقاربة تتقاطع وتتشابك، مع ذلك، فإنها لا تمتزج أبدا بل تنتشر مخترقة كل الهواء المحيط.(٥٣)

وبهذا الوصف الشعرى، أعاد ليوناردو ببساطة صياغة وجهة نظر الحسن بن الهيثم الأصلية، بل وأضاف إليها ملاحظة مهمة بأن أهرامات الضوء "تتقاطع وتتشابك" دون أن تتداخل مع بعضها البعض. وفى استعراض ملحوظ للتفكير العام، استخدم ليوناردو هذه الملاحظة كحجة محورية ليجادل حول الطبيعة الموجية للضوء، وهنا نورد كيف فعل ذلك.

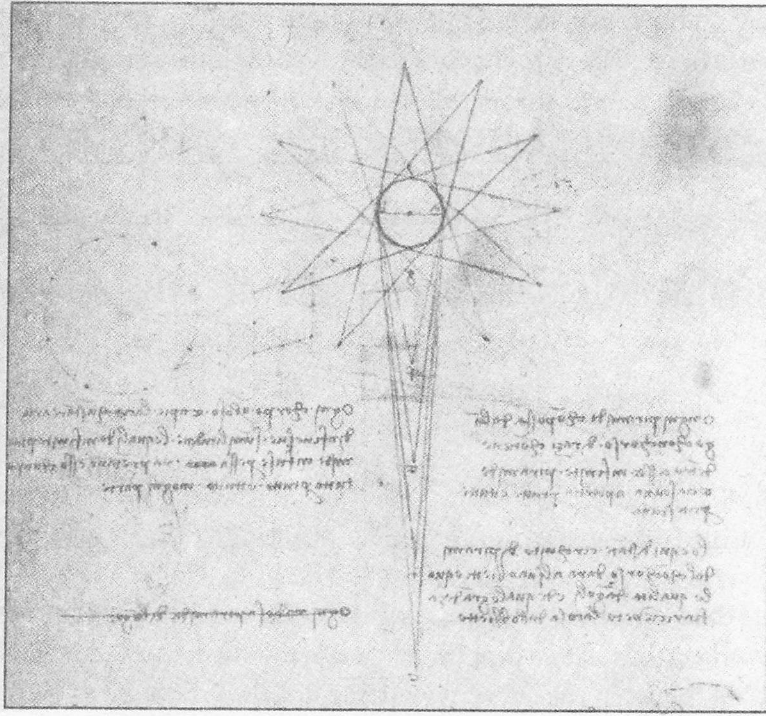
أولا، جمع بين حقيقة أن الضوء يشع بالتساوى فى جميع الاتجاهات، الأمر الذى اختبره بشكل متكرر، مع صور الأهرامات البصرية. يرسم ليوناردو شكلا يبين جسما كرويا يشع أهرامات متساوية (ممثلة بواسطة مثلثات، فى اتجاهات مختلفة، ويدون فى النص المرافق أن أطراف تلك المثلثات تقع فى داخل دائرة: "الحدود الخارجية على مسافات متساوية للأشعة المتقاربة للهرم ستعطى زوايا متساوية لأشكالها(٥٤)". وبعبارة أخرى، لو وُجد المشاهدون عند أطراف هذه الأهرامات حول الدائرة، فإن زوايا رؤيتها ستكون هى نفسها (متساوية) (انظر شكل ٨-٦). يمد ليوناردو فى نفس الشكل أحد الأهرامات ليبين أن زاوية الرؤية عند قمته تتناقص كلما أصبح الهرم أطول.

يستنتج ليوناردو من هذا التمرين أن الفن ينتشر على شكل دوائر، ويربط هذا النسق الدائرى مباشرة بالانتشار الدائرى لتموجات الماء وانتشار الصوت فى الهواء: "تماما مثل إلقاء حجر فى الماء ليصبح مركزا وسببا للدوائر المتعددة، والصدى المتكون فى الهواء ينتشر على شكل دوائر، وكذلك كل جسم يوضع فى نطاق الهواء المضىء فإنه ينشر نفسه على هيئة دوائر ويملأ الوسط المحيط بعدد لانهائى من صورة نفسه(٥٥)."

وبربط النسق الدائرى لانتشار الضوء مع الانتشار المشابه لتموجات الماء، يشرع عندئذ ليوناردو فى دراسة تفاصيل الظاهرة فى بركة لكى يعرف شيئا ما حول إشعاع الضوء. وبفعله ذلك يستخدم ليوناردو، فى الخطوات الأولى لاستكشافاته العلمية، تقنية أصبحت فيما بعد جزءًا متكاملا من المنهج العلمى لقرون تالية، وحيث إنه لم يكن فى استطاعته رؤية الانتشار الدائرى للضوء (أو بشكل أدق الكروى) فإنه كان يأخذ النسق المشابه فى الماء كنموذج، آملا أن يكشف ذلك له شيئا ما حول طبيعة الضوء فى دراسة قريبة، ويقوم بالفعل بالدراسة بشكل قريب جدا.

ويسجل فى المخطوطة A، وهى نفس المذكرة التى تحتوى على تحليله للمنظور والكثير من أشكاله البصرية، يسجل فحوصاته التفصيلية للانتشار الدائرى لموجات الماء:

> إذا ألقيت بحجرين صغيرين فى نفس الوقت على صفحة ماء ساكن على مسافة ما من بعضهما، فإنك سترى أنه حول هذين الاضطرابين قد تسبب ذلك فى مجموعتين منفصلتين من الدوائر، والتى ستتقابل كلما زاد حجمها ثم تتداخل وتتقاطع مع بعضها البعض، بينما تحافظ دائما على مراكزها فى الموقع الذى ألقى فيه بالحجرين[٥٦].

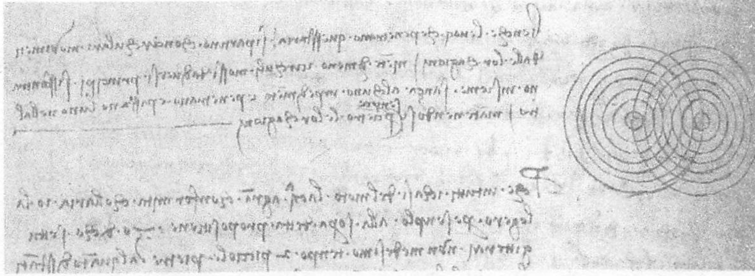


شكل (٨-٦) أهرامات الرؤية التى تشع من جسم كروى. مخطوطة أشبورنام II، ملف ٦٧

يصور ليوناردو هذه الظاهرة بالشكل (شكل ٨-٧)، ولفهم طبيعتها الدقيقة، يركز على حركة جسيمات المادة الدقيقة، جاعلا إياها أسهل للعين فى تتبعها بإلقاء قطع صغيرة من القش فى البركة وملاحظة تحركاتها، وهنا نورد ما لاحظه.

وعلى الرغم من أنه يبدو أن هناك استعراضًا ما للحركة، فإن الماء لا يغادر موقعه، لأن الفتحات التى صنعتها الحجارة تنغلق ثانية لحظيا، وأن الحركة التى سببها الفتح والغلق المفاجئين للماء، يضع فيه اهتزازا معينا، والذى يمكن للمرء أن يسميه ارتعاشة بدلا من الحركة.

وهكذا ما سأقوله قد يكون أكثر وضوحا بالنسبة لك، راقب باهتمام هذه الشذرات من القش التى تطفو على الماء بسبب خفة وزنها، والتى لا تتحرك من موقعها الأصلى بواسطة الموجات التى تتدحرج من تحتها بوصول الدوائر.



شكل (٨-٧) تقاطع موجات الماء الدائرية. مخطوطة A، ملف ٦١ر

وعلى طول التاريخ قام عدد لا يحصى من الناس بإلقاء حصى صغير فى البرك ومراقبة التموجات الدائرية التى تحدثها، لكن قليلا جدا منهم كان فى استطاعتهم مضاهاة الدقة والتفاصيل الدقيقة لملاحظات ليوناردو، وقد تعرف ليوناردو على جوهر حركة الموجة - أى أن جسيمات الماء لا تتحرك مع الموجة، لكنها تتحرك فقط لأعلى ولأسفل عندما تمر بها الموجة[٥٧]، أما ما ينتقل على طول الموجة فهو الاضطراب الذى يسبب ظاهرة الموجة - "الارتعاشة" كما أطلق عليه ليوناردو - وليس أى جسيمات مادية: "على الرغم من بقاء الماء فى موقعه، فإنه يستطيع بسهولة أخذ هذه" الارتعاشة" من الأجزاء المجاورة ويمررها إلى أجزاء ملاصقة أخرى، مقللا بشكل دائم قدرته حتى النهاية. ويختتم كلامه وهو على صواب بأن هذا هو السبب لتقاطع الموجات الدائرية بنعومة دون أن تسبب أى اضطراب بعضها البعض:

ولذلك، فإن اضطراب الماء هو ارتعاشة وليس حركة، وعليه فإن الدوائر لا تستطيع تحطيم بعضها البعض عندما تتقابل، ولأن الماء كونه من نفس النوع فى جميع أجزائه، يستتبع أن تنقل هذه الأجزاء الارتعاشة من جزء لآخر دون أن تتحرك من مكانها.

كان هذا التقاطع الناعم لموجات الماء هو الخاصية المحورية التى أوحت لليوناردو أن الضوء والصوت أيضا ينتشران فى موجات. وقد لاحظ أن أهرامات الضوء "تتقاطع وتمتزج" دون أن تتداخل مع بعضها البعض[٥٨]، ويستخدم نفس المنطق للصوت. "وعلى الرغم من أن الأصوات التى تخترق الهواء تنتشر فى حركة دائرية مبتعدة عن مصادرها، فإن الدوائر تتحرك من مصادر مختلفة، وتتقابل دون أى إعاقة، وتخترق وتختلط مع بعضها البعض محافظة دائما على مصادرها فى المراكز، لأنه فى كل حالات الحركة هناك تطابق كبير بين الماء والهواء[٥٩]". وبعبارة أخرى، بالضبط كما تحافظ التموجات الدائرية المتقاطعة فى البركة على كينوناتها المتميزة، يمكن أن نرى صور الأجسام المختلفة أو نسمع الأصوات المختلفة ونظل نستطيع التمييز بينها بوضوح.

ومن هذه الملاحظات، يصل ليوناردو إلى استنتاج خطير بأن كلا من الضوء والصوت عبارة عن موجات. وبعد سنوات قليلة وسع من نظرته الثاقبة لتشمل الموجات المرنة للأرض، ويستنتج أن حركة الموج التى يتسبب فيها الاهتزاز الأولى (أو الارتعاشات)، وهو شكل عالمى لانتشار التأثيرات الفيزيائية. وقد كتب يقول "حركة الأرض ضد الأرض" وتسحقها تحرك الأجزاء المتأثرة بشكل بسيط فقط. فالماء الذى يصطدم بالماء يكون دوائر حول موقع الاصطدام؛ ويذهب الصوت فى الهواء إلى أبعد، (والارتعاشة) فى النار مازالت تسرى أكثر[٦٠].

وإدراك أن حركة الموجة ظاهرة عالمية فى كل العناصر الأربعة ــ الأرض والماء والهواء والنار (أو الضوء) ــ كان نظرة ثاقبة ثورية فى عصر ليوناردو، وقد استغرق الأمر قرنين آخرين مثل أن يعاد اكتشاف الطبيعة الموجية للضوء بواسطة كريستيان هايجنز، وكان أول من تكلم بوضوح عن الطبيعة الموجية للصوت هو مارين مارسين، أثناء النصف الأول من القرن السابع عشر وفكرة أن الزلازل تترافق مع الموجات المرنة لم ترد إلا فى القرن الثامن عشر(٦١).

وعلى الرغم من نظرة ليوناردو الثاقبة المؤثرة حول طبيعة الحركة الموجية، وانتشار وجودها على نطاق واسع فى الطبيعة، فمن المبالغ فيه القول بأنه قد طور نظرية موجية للضوء مشابهة للتى قدمها هايجنز بعد مائتى سنة. وإذا تم ذلك، لكان يعنى فهم التمثيل الرياضى للموجة وربط سعتها وترددها، وخصائصها الأخرى بظواهر ضوئية مشاهدة، ولم تستخدم هذه المفاهيم فى العلم حتى القرن السابع عشر، عندما تطورت النظرية الرياضية للدوال.

أعطى ليوناردو وصفا صحيحا للموجات العرضية، والتى فيها يكون اتجاه انتقال الطاقة (انتشار الدوائر) عموديا على اتجاه الاهتزاز (الارتعاشة) لكنه لم يهتم أبدا بالموجات الطولية، التى تكون فيها الاهتزازات وانتقال الطاقة فى نفس الاتجاه. وتحديدا لم يدرك أن موجات الصوت طولية، وقد أدرك أن الموجات فى الأوساط المختلفة (أو العناصر) تنتقل بسرعات مختلفة، لكنه اعتقد وهو على خطأ أن سرعة الموجة تتناسب مع شدة الاضطراب الذى تسبب فيها(٦٢).

اندهش ليوناردو بالسرعة الهائلة للضوء: وقد كتب "انظر إلى ضوء الشمعة وتأمل جمالها، اطرف بعينك وانظر مرة ثانية، وما ستراه الآن لم يكن موجودا فى المرة السابقة، وما كان موجودا من قبل ليس موجودا بعد(٦٣)" ولكنه كذلك أدرك أنه مهما كانت سرعة الضوء، فإنها ليست لا نهائية، وقد أكد على أن سرعة الصوت

أكبر من سرعة الموجات المرنة فى الأرض، وأن الضوء ينتقل أسرع من الصوت، لكن العقل يتحرك أسرع من الضوء. وقد دون: "يقفز العقل فى لمحة من الشرق إلى الغرب، وتملك كل الأشياء غير المهمة سرعات أقل كثيرا جدا[٦٤]".

حتى وعلى الرغم من أن ليوناردو لم يذكر صراحة أن سرعة الضوء محدودة، فإنه من الواضح فى مذكراته أنه كان يعتنق وجهة النظر تلك. وهذا أمر غير عادى تماما، حيث إن وجهة النظر التقليدية المتوارثة من القدم هى أن انتشار الضوء يتم لحظيا. وحتى هايجنز وديكارت كانا يسلمان بوجهة النظر التقليدية هذه، ولم يتم إرساء أن سرعة الضوء محدودة إلا فى نهاية القرن السابع عشر[٦٥].

كان ليوناردو على دراية جيدة بظاهرة الانكسار (حيود شعاع الضوء عند مروره مائلا من الهواء خلال الزجاج مثلا). وقد قام بإجراء عدة تجارب عبقرية لاكتشاف ذلك، دون أن يربط ذلك بتأثير الطبيعة الموجية للضوء، كما فعل ديكارت وآخرون بعد حوالى ١٥٠ سنة من ذلك الوقت. بل وحتى إن ليوناردو قد استخدم الانكسار فى منشور بدائى ليشطر الضوء الأبيض إلى مكوناته من الألوان المختلفة، كما سيفعل ذلك إسحق نيوتن فى تجربة شهيرة فى ستينيات القرن السابع عشر. لكن ليوناردو على خلاف نيوتن لم يذهب أبعد من مجرد تسجيل هذه الظاهرة بدقة[٦٦].

ومن جهة أخرى، وجد ليوناردو التفسير الصحيح لظاهرة حيرت الناس على مر التاريخ ــ اللون الأزرق للسماء. وأثناء سنوات تجاربه البصرية، تسلق إحدى القمم الشاهقة لمونت روزا، ولاحظ لون السماء عميق الزرقة فى الارتفاعات العالية[٦٧]، وأثناء فترة تسلقه الطويلة، يبدو أنه فكر فى السؤال الذى كان ملحا لفترة طويلة، "لماذا تكون السماء زرقاء؟" - وبحدس مذهل توصل إلى الإجابة الصحيحة:

الزرقة التى يظهرها الغلاف الجوى ليست هى لونه
الخاص لكن يتسبب فيها الرطوبة التى تبخرت على
شكل ذرات دقيقة لا تدرك حسيا، والتى تسقط عليها
الأشعة الشمسية فتجعلها مضيئة على خلفية الظلمة
الهائلة لمنطقة النار التى تشكل غطاء فوقها. ويمكن
رؤية ذلك بواسطة أى شخص يتسلق مونت روزا، كما
رأيته أنا بنفسى[٦٨].

وقد تم التوصل إلى التفسير الحديث لهذه الظاهرة بعد ذلك بأربعمائة سنة بواسطة لورد رايلى، ويعرف هذا التأثير الآن بتشتيت رايلى. يتشتت ضوء الشمس بواسطة جزيئات الغلاف الجوى (ذرات ليوناردو الدقيقة وغير المدركة حسيا) بطريقة يمتص فيها اللون الأزرق أكثر كثيرا عن أى ترددات أخرى، ثم يعاد إشعاعه فى اتجاهات مختلفة فى جميع أرجاء السماء. وهكذا وفى أى اتجاه نظرنا سنرى المزيد من الضوء الأزرق المتشتت أكثر من ضوء أى لون آخر. ومن الواضح أن تفسير ليوناردو لأشعة الشمس الساقطة على الجزيئات والتى "تجعلها مضيئة" هو وصف نوعى كامل الدقة لهذا التأثير، ويجب أن يصنف ذلك بكل تأكيد بين أعظم منجزاته فى البصريات.

موجات الصوت

استكشف ليوناردو أيضا طبيعة الصوت، كما لاحظ من التجارب على الأجراس والطبول والآلات الموسيقية الأخرى، أن الصوت ينتج دائما بواسطة "طرقة على جسم رنان" وقد استنتج عن صواب أن ذلك يتسبب فى حركة اهتزازية فى الهواء المحيط، والتى أطلق عليها "حركة مروحية" (moto ventilaute)

بالترافق مع الحركة الاهتزازية لمروحة اليد(٦٩)، وقد استنتج أنه "لا يمكن أن يوجد هنا أى صوت، حيث لا توجد حركة واضطراب للهواء؛ ولا يمكن أن يكون هناك اضطراب لذلك الهواء عندما لا يكون هناك آلات(٧٠)".

اقترح ليوناردو عندئذ أن الاضطراب الأولى ينتشر على شكل موجات دائرية كما فى حالة الماء، "وحيث إنه فى كل الحالات فإن حركة الماء متوافقة مع الهواء كثيرا(٧١)". وكما سبق أن لأحظ قبل ذلك، فإنه لم يكن يدرك أن الصوت ينتقل بواسطة موجات طولية، لكنه لاحظ ظاهرة الرنين، مستعرضا إياها بقطع صغيرة من القش كما استعرض الحركة العرضية لموجات الماء:

> عندما تقرع جرسا ما، فإن ذلك يجعل جرسا شبيها به آخر يلبى ويهتز قليلا؛ فوتر العود عندما يصدر صوتا ينتج رد فعل وحركة فى وتر مشابه بنغمة مشابهة فى عود آخر. وستدرك ذلك إذا وضعت قشة على الوتر المشابه للذى أصدر الصوت(٧٢).

وملاحظات الأجراس الرنانة وأوتار العود جعلت ليوناردو يقترح الآلية لانتشار الصوت والإحساس به - بدءًا من الاضطراب الأولى والموجات الناتجة فى الهواء وحتى الرنين فى طبلة الأذن.

ونتيجة لغيبة اللغة الرياضية المناسبة، لم يستطع ليوناردو أن يطور نظرية موجية مناسبة للضوء، ولا نظرية موجية مقابلة للصوت(٧٣). وقد لاحظ أن علو الصوت الناتج يعتمد على شدة الاضطراب، لكنه فشل فى ربط ذلك بسعة موجة الصوت، كما فشل أيضا فى ربط درجة النغمة للصوت بتردد الموجة. فإنه بعد العديد من السنوات، وأثناء مراجعته لمحتويات كل مذكراته(٧٤) اقترب كثيرا من فهم العلاقة بين درجة النغم والتردد وذلك عن طريق دراسة الصوت الصادر عن الذباب والحشرات الأخرى.

وبينما كان المعتقد فى زمانه أن الذباب يحدث الصوت عن طريق الفم، لاحظ ليوناردو عن صواب أن الصوت يصدر عن أجنحتها، وواصل بتجربة ماهرة: وقد سجل "يكمن صوت الذباب فى أجنحته، وسترى عن طريق.... وضع القليل من العسل عليها بطريقة لا تمنعهم كلية من الطيران. وستلاحظ أن الصوت الناتج عن حركة أجنحتها....سيتغير ودرجة النغم فيه من عال إلى منخفض بنفس التناسب مع إعاقة أجنحتها[٧٥]".

وواحدة من أعظم الاكتشافات المؤثرة لليوناردو فى مجال الصوتيات هى ملاحظته بأنه "إذا نقرت على لوح مغطى بالغبار، ستلاحظ أن الغبار سيتجمع فى تلال صغيرة متفرقة[٧٦]". ولأنه عرف اهتزازات أوتار العود بوضع قطع صغيرة من القش عليها، فإنه توصل الآن وهو على صواب إلى أن الغبار المتطاير نتيجة اهتزاز أجزاء من اللوح واستقراره عند العقد، أى فى المواقع التى لا تهتز. لم يتوقف ليوناردو عند هذه الملاحظة، لكنه استمر بحرص فى نقر السطح المهتز بينما كان يراقب التحركات الدقيقة للتلال الصغيرة من الغبار، وبجواره اسكتش يمثل مثل هذا التل الصغير على شكل هرم، سجل ليوناردو ملاحظاته. كتب يقول "سيلقى التل دائما بالغبار من القمم إلى القاع، ومن هناك ستدخل من أسفل وتصعد من المنتصف ثم تسقط ثانية من قمة هذا التل الصغير، وهكذا سيدور الغبار مرات ومرات.... طالما استمر الاضطراب[٧٧]".

والاهتمام بالتفاصيل فى هذه الملاحظات جدير بالملاحظة فعلا. وقد تم إعادة اكتشاف ظاهرة الخطوط العقدية على الألواح المهتزة فى ١٧٨٧ بواسطة الفيزيائى الألمانى إرنست تشلأدنى، وتدعى الآن بصفة عامة "أنساق تشلأدنى فى المراجع الفيزيائية، حيث عموما لا يذكر أن ليوناردو دافينشى قد اكتشفها من قبل بحوالى ٣٠٠ سنة".

ولاستكمال علمه عن المنظور، لم يدرس ليوناردو فقط المسارات، بل تتبعها كذلك مباشرة إلى داخل العين، وبالفعل وأثناء ثمانينيات القرن الخامس عشر، واصل دراساته التشريحية للعين وفسيولوجيا الإبصار فى آن واحد مع دراسته للمنظور والتداخل فى الضوء والظل.

وفى ذلك الوقت كان يدور جدال بين فنانى وفلاسفة عصر النهضة حول الموقع المضبوط لقمة الهرم البصرى فى العين. كان معظم الفنانين يتبعون آلبرتى الذى كان يبدى قليلا من الاهتمام للفسيولوجيا الفعلية للإبصار وحددوا قمة هرم الإبصار فى نقطة هندسية تقع فى مركز إنسان العين. وعلى النقيض انحاز معظم الفلاسفة للحسن بن الهيثم الذى أكد على أن وسائل إبصار العين لابد أن تقع فى منطقة محددة بدلا من أن تكون متناهية الصغر(٧٨).

وفى بداية دراساته للمنظور وتشريح العين، اعتنق ليوناردو وجهة نظر آلبرتى، لكن أثناء تسعينيات القرن الخامس عشر، عندما أصبحت أبحاثه أكثر تقدما أصبح يميل إلى اعتناق موقف الحسن بن الهيثم، دافعا بأنه "إذا كانت كل الصور التى تأتى إلى العين تتجمع فى نقطة رياضية، والتى تم البرهنة على أنها لا تنقسم، فإن الأشياء التى ترى فى العالم ستظهر على أنها شىء واحد، وأن هذا الشىء الواحد غير قابل للانقسام(٧٩)".

وأخيرا فى كتاباته المتأخرة حول البصريات فى المخطوطة D، أكد بتكرار وعن ثقة أن كل جزء من إنسان العين يمتلك وسائل الرؤية (vertu visiva).....وهذه الوسائل لا تختزل فى نقطة كما يرغب أصحاب مذهب

المنظور[٨٠]. قدم ليوناردو فى مذكراته ثلاث تجارب بسيطة لكن غاية فى الأناقة، متضمنة الإدراك الحسى المظلل للأجسام الصغيرة، والموضوعة بالقرب من العين، كبراهين مقنعة لموقف الحسن بن الهيثم[٨١]. ومن هنا ميز بين نوعين من المنظور، الأول منظور صنعه الفن، وهو تقنية هندسية لتمثيل الأجسام الواقعة فى فراغ ثلاثى الأبعاد على سطح مستوٍ، بينما النوع الثانى "صنعته الطبيعة ويحتاج لفهمه إلى علم رؤية مناسب[٨٢]".

وحيث إنه قد أقنع نفسه بأن مثل هذا العلم عن الرؤية، تحتاج فيه القمة الهندسية لهرم الرؤية فى العين أن تستبدل بمسارات أكثر تعقيدا للانطباعات الحسية، ثم تتبع ليوناردو عندئذ هذه المسارات خلال العدسة ومقلة العين إلى العصب البصرى، ومن هناك على طول الطريق حتى مركز المخ الذى كان يعتقد أنه وجد فيه موقع الروح.

الفصل التاسع

العين، والحواس، والروح

كانت بنية العين وعملية الإبصار من العجائب الطبيعية بالنسبة لليوناردو والتى لم تتوقف أبدا عن إبهاره. ويكتب حول مقلة العين، قبل أن يواصل بتعبير نادر لرهبة دينية: "أى لغة يمكن أن تعبر عن هذا الإعجاز؟ بالتأكيد لا توجد. وهنا حيث يتحول الفكر البشرى مباشرة إلى تأمل القدرة الإلهية.[١]" وفى رسالته عن فن الرسم، يعزز من حماسه حول العين البشرية:

> ألا ترى أن العين تتضمن جمال العالم؟ وهى سيدة علم الفلك، وتمارس علم الكون، وهى ترشد وتصحح كل الفنون البشرية؛ وهى تنقل الإنسان إلى الأجزاء المختلفة من العالم. (العين) أميرة علم الرياضيات، وعلومها هى الأكثر يقينا. وقد قاست ارتفاعات وأحجام النجوم، واكتشفت العناصر ومواقعها.... وقد أبدعت العمارة، والمنظور، والرسوم الرائعة.... (العين) نافذة الجسم البشرى، والتى من خلالها تتألم (الروح) وتستمتع بجمال العالم[٢].

ليس مستغربا أن ليوناردو قد قضى أكثر من عشرين سنة مختبرا تشريح وفسيولوچيا العين بواسطة تشريح دقيق لمقلة العين والعضلات والأعصاب المتصلة بهما. ويبين أحد رسوماته المبكرة الذى رسمه حوالى ١٤٨٧ رأس الإنسان ومخه محاطا بعدة أغشية، مثل طبقات البصلة (١-٩) وفى الواقع، استخدم تشبيه البصلة هنا على نطاق واسع بواسطة علماء التشريح الرواد فى العصور الوسطى.[٣]

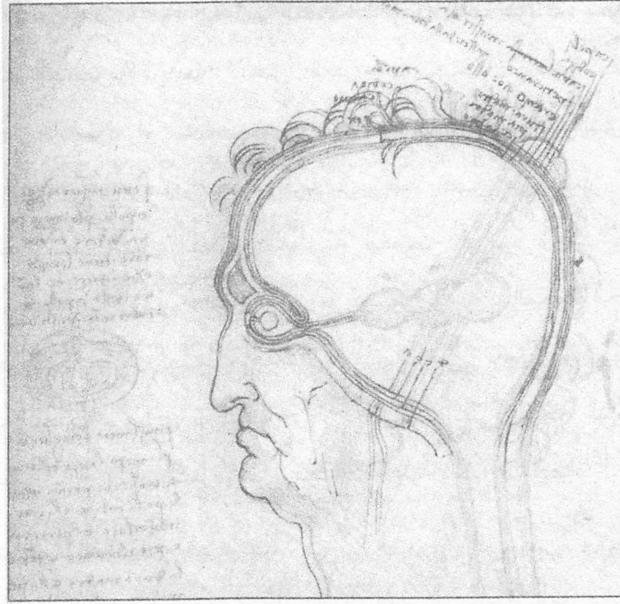
ويظهر ليوناردو تحت فروة الرأس غشاءين (معروفين هذه الأيام باسم الأم الجافية والأم الحنون) يحيطان بالمخ، ثم تمتد بعد ذلك لتشكل مقلة العين، التى تحتوى على عدسة مستديرة. ويتكون إنسان العين بواسطة فجوة شفافة فى الأغشية أمام العدسة، والذى يبدو أنه يقبع منفصلا، من المفترض أنه يسبح فى مائع ما صاف. وهذا الرسم غير الدقيق هو تصوير موثوق به لوجهة نظر العصور الوسطى حول العين، والمبنية بشكل كلى تقريبا على التصور بدلا من المعرفة الأولية.

وبمساعدة قطاعاته التشريحية الخاصة، سرعان ما أحرز ليوناردو تقدما أبعد من تلك الأفكار التقليدية. وتظهر "رسم البصلة" بالفعل أحد اكتشافاته، تجويف الجبهة فوق مقلة العين، ثم أضاف فى السنوات التالية تدريجيا كثيرا من التفصيلات الدقيقة المتعلقة بتشريح العين ومسارات الإدراك الحسى البصرى.

وكان على دراية تامة بأن اكتشافاته غير مسبوقة. وقد دون فى مخطوطة أتلانتيكاس، " كانت العين تعرف حتى الآن بواسطة عدد لا حصر له من الكتاب بشكل معين، لكن وجدت عن طريق الخبرة أنها تعمل بأسلوب مختلف[٤].

تشريح ليوناردو للعين

كانت دراسة ليوناردو للإدراك الحسى البصرى برنامجا غير عادى للفحص العلمى، يجمع بين البصريات، وتشريح العين، وعلم الأعصاب. تطرق ليوناردو إلى هذه المجالات دون أى معوقات مستخدما نفس الطرق البدائية شديدة الدقة التى استخدمها لاستكشاف أى شىء فى الطبيعة، دون أدنى تخوف أن تكون ظاهرة ما بعيدة عن متناوله.



شكل (٩ـ١) تصوير ليوناردو لفروة الرأس والمخ، ومقلة العين من وجهة نظر العصور الوسطى. دراسات تشريحية، ملف ٣٢٢.

ومن أوائل الأشياء التى لاحظها ليوناردو عند دراسته لبنية العين بالتفصيل، مقدرتها على تغيير حجم إنسان العين تبعا لتعرضها للضوء. اكتشف هذه الظاهرة أول مرة بينما كان يرسم بورتريها، ثم اختبرها فى سلسلة من التجارب التى عرَّض فيها الأشياء لكميات متغيرة من الضوء، وقد استنتج "يتغير إنسان العين لعدد من الحجوم تبعا لعدد مساو من درجات تفاوت الاستضاءة وظلمة الأجسام الموجودة أمامه... وقد زودت الطبيعة إمكانيات الرؤية بتقلص إنسان العين عندما يتعرض لإضاءة شديدة....، وهنا تعمل الطبيعة مثل إنسان ما عندما يشتد الضوء فى منزله فيقوم بغلق نصف النافذة، أو أقل أو أكثر من ذلك حسب الحاجة" ثم أضاف، يمكن ملاحظة ذلك فى الحيوانات الليلية مثل القطط، والبوم المذعور، والبوم الأسمر بصفرة، وغيرها والتى يكون إنسان العين فيها صغيرا فى منتصف النهار كبيرا جدا ليلا(٥).

وعندما فحص ليوناردو آلية تلك التقلصات والتمددات فى تشريحه لمقلة العين، اكتشف العضلة العاصرة الرقيقة لإنسان العين.، وقد سجل، إننى أجد عن طريق التجربة أن اللون الأسود أو القريب من الأسود المجعد الخشن، والذى يظهر حول إنسان العين، لايؤدى أى وظيفة أخرى فإنه يزيد أو ينقص من إنسان العين ذلك(٦). وفى مقطع آخر يشبه عمل الطيات القطرية للعضلة العاصرة بإغلاق كيس نقود بخيط(٧)، كان وصف ليوناردو الدقيق للون القريب من الأسود المجعد الخشن لعضلات إنسان العين صحيحا بشكل مذهل. وبالفعل، فإنها تماثل تقريبا ما هو موجود فى المراجع الطبية الحديثة، والتى توصف فيها العضلات على الفتحة المركزية لقزحية العين والتى تسمى "قبة إنسان العين" على أنها حافة بنية داكنة ومجعدة(٨).

كان معظم الفلاسفة الطبيعيين فى العصور الوسطى وعصر النهضة يعتقدون أن الرؤية تتضمن انبعاث "أشعة الرؤية" بواسطة العين، والتى تنعكس بواسطة الأجسام المرئية إلى الخلف. اقترح أفلاطون وجهة النظر هذه أول الأمر، ثم دعمها كل من إقليدس وبطليموس وجالينوس. ولم يفسر وجهة النظر المضادة إلا الفيلسوف التجريبى العظيم الحسن بن الهيثم – أن الرؤية تحدث عندما تدخل الصور المرئية محمولة على أشعة الضوء إلى العين.

وازن ليوناردو مزايا كلتا وجهتى النظر لفترة طويلة قبل أن يتفق مع الحسن بن الهيثم(٩). كانت حجته الأساسية فى انحيازه لنظرية "الإدخال" قائمة على اكتشافه لتكيف إنسان العين لتغير الإضاءة، وقد رأى بصفة خاصة، حقيقة أن ضوء الشمس الساطع المفاجئ يسبب ألما للعين، على أنه برهان قاطع على أن الضوء لا يدخل فقط العين، بل يمكن كذلك أن يسبب لها أذى، وفى بعض الأحيان قد يسبب دمارا. كانت هناك حجة إضافية على دخول الضوء إلى العين هى ملاحظة ليوناردو للصور التلوية. وقد سجل "إذا نظرت إلى الشمس أو أى جسم مضىء آخر ثم

أغلقت عينيك، فإنك ستراها بالمثل داخل عينيك لفترة طويلة من الزمن. وهذا برهان على أن الصور تدخل العين[١٠]".

وبعد انقطاع دام عشرين سنة تقريبا، عاد ليوناردو لدراسة الإبصار حوالى سنة ١٥٠٨ ليستكشف تفاصيل أكثر فى تشريح العين، ومساراتها للرؤية[١١]، وقد استفاد هذه المرة من تقنيته الجديدة بغمس مقلة العين فى بياض البيض أثناء التشريح[١٢]. وقد تعرف على القرنية كغشاء شفاف ولاحظ تحدبها الواضح، مستنتجا وهو على صواب أن هذا التحدب يوسع من مجال الرؤية لأكثر من درجة: "جعلت الطبيعة سطح قرنية العين محدبة لتسمح للأجسام المحيطة أن تطبع صورها بزوايا أكبر[١٣]".

أيقن ليوناردو أن اتساع مجال الرؤية عن طريق بروز تحدب القرنية يرجع إلى انكسار أشعة الضوء عندما تمر من الهواء إلى الوسط الأكثف للقرنية، وصور هذه الظاهرة بدقة فى العديد من الاستكشافات. وبالإضافة لذلك، اختبر الانكسار تجريبيا بتصميم نموذج بلورى للقرنية[١٤].

كان ليوناردو على دراية تامة بالعدسات من تجاربه البصرية، وكذلك من استخدامه الشخصى للنظارات، والذى كان عليه أن يستخدمها عندما بدأ فى دراسة عدسة العين[١٥]. ومن الطبيعى أنه طبق معرفته عن الانكسار فى فحوصاته لكل من القرنية والعدسة. ومع ذلك، فقد كان يقدم العدسة دائما، والتى كان يدعوها "الرطوبة المائية المتبلرة" على أنها كروية، وتقع فى مركز مقلة العين، ومعلقة فى مائع صاف، بدلا من وجودها خلف إنسان العين مباشرة. وقد أشار كينيث كيل أن التقنية المتقدمة لتشريح مقلة العين بواسطة ليوناردو والتى طورها حوالى ١٥٠٩ كانت بالتأكيد ستمكنه من إدراك الشكل والموقع الحقيقيين للعدسة، وخمن كيل أن ليوناردو إما أنه لم يواصل تشريحه للعين بعد ذلك الوقت أو أن هناك رسومات أكثر دقة مفقودة[١٦].

مثلت البصريات التفصيلية لأشعة الضوء داخل مقلة العين صعوبات جمة لليوناردو، وكذلك بالنسبة لكل معاصريه. ونحن نعرف اليوم أن الأشعة تتكسر بواسطة العدسة المحدبة بطريقة تجعلها تتقاطع مع بعضها البعض خلف العدسة وتشكل صورة معكوسة للجسم المرئى على الشبكية. أما كيف سيصحح المخ الوضع المعكوس ليعطى الرؤية العادية بعد ذلك فما زال أمرا غير مفهوم كلية.

وحيث إن ليوناردو لم يعرف انعكاسا ثانيا للصورة يحدث فى المخ، لذا كان عليه أن يصمم انعكاسين متتاليين لأشعة الضوء داخل مقلة العين للحصول على صور معتدلة. وقد توصل إلى فكرة رائعة على الرغم من عدم صحتها. وقد اقترح أن الانعكاس الأول للأشعة يحدث بين إنسان العين والعدسة، وتسببه الفتحة الصغيرة لإنسان العين، مما يقلب الصورة رأسا على عقب مثل الحجرة المعتمة[١٧].

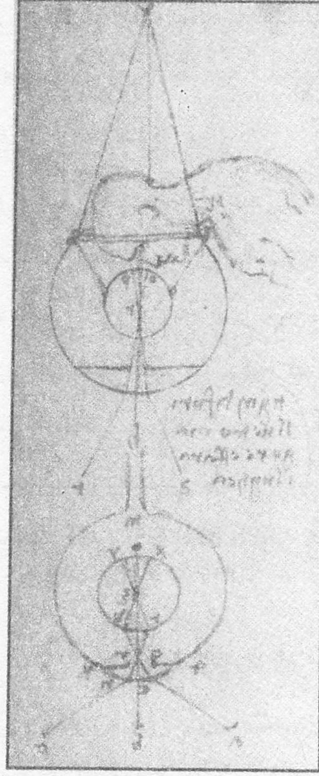
تدخل الأشعة المقلوبة بعد ذلك إلى العدسة حيث تنعكس مرة ثانية مؤدية إلى صورة معتدلة فى النهاية. صمم ليوناردو نموذجا بسيطا للعين لكنه عبقرى جدا، ليختبر هذه الفكرة وصور ذلك بوضوح فى رسم رشيق فى المخطوطة D (شكل ٩-٢)، وفى الجزء الأسفل من الرسم، رسم ليوناردو اسكتشا لمسارات الرؤية وفقا لنظريته. تتكسر أشعة الضوء التى تدخل العين من أسفل قليلا بواسطة القرنية (ما عدا الشعاع الأوسط)، ثم تتقدم الأشعة من خلال الفتحة الضيقة لإنسان العين مكونة الصورة المنعكسة على العدسة الكروية كما فى حالة الحجرة المظلمة. وهناك تنعكس الأشعة مرة أخرى قبل أن تشكل الصورة المضبوطة خلف العدسة ومن هناك تدخل العصب البصرى.

ويبين الجزء العلوى من الرسم نموذج ليوناردو، وفى هذا النموذج، ملأ ليوناردو كرة شفافة، تمثل مقلة العين، بالماء، وفى مقدمة الكرة ثبت لوحا به ثقب فى المنتصف يمثل إنسان العين، وقد علق فى منتصف الكرة، "كرة من زجاج

رقيق" تمثل العدسة، وضع ليوناردو بعد ذلك عينه تحت الماء فى موقع العصب البصرى، وقد شرح فى النص المرافق، "مثل هذا الجهاز سيرسل الصور.... إلى العين مثلما ترسلها العين إلى وسائل الرؤية[١٨].

كان تصميم ليوناردو لمسارات الرؤية عبقريا بكل تأكيد، لكن كان يشوبه بعض المشاكل الخطيرة أيضا، وستظهر ظاهرة الحجرة المظلمة فقط إذا كان حجم إنسان العين أصغر كثيرا وبعده عن العدسة أكبر مما هو عليه بالفعل. وحتى لو كان الأمر كذلك، فإن صور الأجسام على الشبكية قد تتأثر بتقلص وتمدد إنسان العين استجابة للتعرض المتنوع للضوء. أخذ ليوناردو فى اعتباره تلك الاحتمالية، وأجرى التجارب كذلك بمسارات رؤية بديلة، لكنه لم يستطع أبدا حل عدم الاتساق الكامن فى تصميمه[١٩]، ومع ذلك فإن اكتشافاته للكثير من التفاصيل الدقيقة لتشريح العين متميزة فى الحقيقة.

كان ليوناردو هو أول من ميز بين الرؤية المركزية والرؤية الجانبية وقد لاحظ أن "للعين خط مركزى منفرد، وأن كل الأشياء التى تأتى إلى العين حول ذلك الخط، ترى جيدا"، ويوجد حول هذا الخط المركزى عدد لا نهائى من الخطوط الأخرى، والتى تصبح ذات قيمة أقل كلما بعدنا عن الخط المركزى[٢٠]. وكان هو كذلك أول من فسر الرؤية ثنائية العينين - وهى الطريقة التى ترى فيها الأشياء مجسمة فى ثلاثة أبعاد وذلك بدمج الصورتين المنفصلتين من مجال الرؤية المتكون فى كل عين، ولاستكشاف تفاصيل الرؤية ثنائية العينين، وضع أشياء ذات حجوم مختلفة على مسافات مختلفة من العينين، من القريب جدا إلى البعيد جدا وقام بالنظر إليها بالعين اليمنى ثم اليسرى بالتبادل ثم بالعينين. كانت نتائجه جلية وصحيحة: "يتم استيعاب نفس الجسم بوضوح عند رؤيته بعينين منسجمتين، وتؤدى هاتان العينان إلى مكان واحد داخل الرأس... لكن إذا وضعت إصبعا مكان إحدى العينين، فسترى الجسم المرئى وقد تحول إلى جسمين[٢١]".



شكل (٩-٢) نموذج العين وشكل مسارات الرؤية، مخطوطة D، ملف ٣٧

من العصب البصرى إلى موقع الروح

ومن دراساته المبكرة جدا للإدراك الحسى للحواس، لم يقصر ليوناردو فحوصاته للرؤية على بصريات العين، بل تتبع مسارات الانطباعات الحسية خلال الأعصاب إلى المخ. وبالتأكيد، حتى رسوماته المبكرة للبصلة "لفروة الرأس" ومقلة العين (شكل ٩-١)، والتى تمثل مفهوم العصور الوسطى للعين، تظهر العصب البصرى مؤديا إلى مركز المخ حيث يمكن رؤية الخطوط العريضة للتجويفات

الثلاثة، ووفقا لأرسطو وفلاسفة العصور الوسطى، كانت تلك هى مناطق المخ؛ حيث تحدث المراحل المختلفة للإدراك، ويطلق أرسطو على التجويف الأول "الفطرة السليمة" (common sense)، وهو المكان الذى تتجمع فيه كل الحواس لتعطى إدراكا متكاملا للعالم، والذى يتم تفسيره بعد ذلك ويدخل الذاكرة جزئيا فى التجويفين الآخرين.

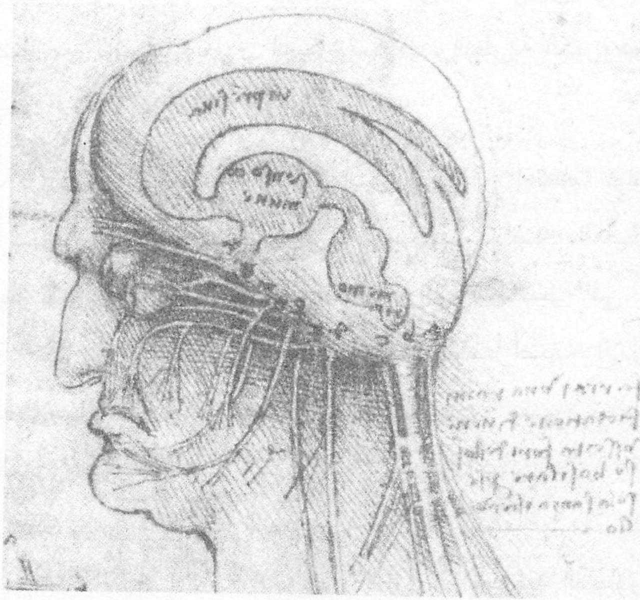
يوجد هذان الفراغان المجوفان بالفعل فى الجزء الأوسط من المخ، لكن شكلهما ووظائفهما تختلف تماما عن تلك التى تصورها الفلاسفة الطبيعيون للعصور الوسطى، ويطلق علماء الأعصاب اليوم على هذه التجاويف، التجاويف الدماغية، ويوجد منها بالفعل أربعة، تتصل كلها بعضهما ببعض، تدعم هذه التجويفات المخ وتعمل كوسادة وتنتج مائعا صافيا عديم اللون يدور حول سطح المخ والحبل الشوكى ناقلا الهرمونات ومزيلا نواتج فضلات الأيض.

اعتنق ليوناردو فكرة أرسطو بأن التجويفات مراكز إدراك الحواس، ووسع من تلك الفكرة مستخدما مهاراته كعالم تشريح وتجريبى، وكاملها مع أفكاره حول طبيعة الضوء وفسيولوچيا الرؤية، وبداية، قدر ليوناردو الشكل الدقيق للتجويفات الدماغية بحقنها بالشمع بعناية[٢٢].

وقد سجل نتائجه فى عديد من الرسومات مثل الرسم المبين فى شكل (٩-٣)، الذى يعرض مسارات عدد من أعصاب الحواس بالمخ، ومقارنة هذا الرسم (المبنى علىٰ تشريح مخ ثور) رسومات فى مرجع طبى حديث، من الواضح أن ليوناردو رسم أشكال التجويفات ومواقعها الدماغية بدقة هائلة، والتجويفان القريبان من السطح، ويطلق عليهما التجويفان الجانبيان، والتجويف الثالث (المركزى)، والرابع (الخلفى) يمكن التعرف عليهم بسهولة.

ويجب وضع نظرية ليوناردو العصبية حول الإدراك الحسى البصرى على أنها واحدة من أعظم إنجازاته العلمية، وقد تم تحليلها بتفصيل مثير للإعجاب بواسطة المتخصص فى ليوناردو والطبيب القدير كينيث كيل(٢٣).

وقد تم تصوير العصب البصرى فى تشريح ليوناردو على أنه يمتد تدريجيا حيث يدخل مقلة العين ويلتصق مباشرة بالجزء الخلفى من العدسة الكروية مكونا نوعًا من الشبكية المقيدة. وهنا تتحول الصور المرئية إلى نبضات عصبية. ورأى ليوناردو هذه العملية على أنها اضطرابات للعصب البصرى بواسطة أشعة الضوء حيث تحدث نبضات للحواس تنتقل خلال الأعصاب على شكل موجات، تماما مثل "الارتعاشات" التى تحدث نتيجة إلقاء أحجار فى بركة والتى تنتشر على شكل موجات مائية(٢٤). ومع ذلك، فقد حدد ليوناردو أن النبضات الحسية والعصبية ليست مادية، وقد أطلق عليها روحية وكان يعنى ببساطة أنها غير مادية وغير مرئية. ومتقفيا أثر جالينوس، اعتقد ليوناردو أن العصب البصرى، مثل كل الأعصاب، أجوف "مثقب" بواسطة أنبوبة صغيرة مركزية والتى تشكل خلالها جبهات الموجات بواسطة نبضات حسية تنتقل خلال مركز المخ.



شكل (٩-٣) تجاويف دماغية ومسارات الأعصاب فى الجمجمة، "ويمر بلات" فى دراسات تشريحية، بين الملفين ٥٥ و ٥٤

ويختتم كينيث كيل حديثه بأن فسيولوجيا ليوناردو عن الإدراك الحسى هى "ميكانيكية بشكل عام"، لأنها تظهر الحركة والاضطراب بشكل مهم.(٢٥) وأنا لا أوافق على هذا التقييم فى ضوء التأكيد الواضح لليوناردو وعلى الطبيعة غير المادية للنبضات العصبية. ووفقا لعلم الأعصاب الحديث، للنبضات العصبية طبيعة كهرومغناطيسية، جبهات موجية لأيونات تتحرك عبر الأعصاب وغير مرئية للعين المجردة كما ذكر ليوناردو. تكون الخلايا العصبية أليافا طويلة ورقيقة (تسمى آكسون) ويحيط بها أغشية خلوية، والتى لا يبدو مصطلح ليوناردو "أنابيب مثقوبة" وصفا سيئا، وتتحرك جبهات موجات الأيونات داخل هذه الأنابيب فى مائع الخلايا العصبية. وهذه ظواهر فى عوالم الميكروبيولوچيا والكيمياء الحيوية لم تكن متاحة لليوناردو، وحيث إنه كان تجريبيا جيدا، فقد ذكر ببساطة أن النبضات الحسية غير

مرئية، ولم يذهب فى تخمينه عن طبيعتها أبعد من ذلك، وليس فى إمكان أى عالم أن يفعل أفضل من ذلك قبل تطور الميكروسكوب والنظرية الكهرومغناطيسية التى ظهرت بعد ذلك بعدة قرون.

ومنذ دراساته التشريحية الأولى، أبدى ليوناردو اهتماما خاصا بمسارات الأعصاب الحسية فى الجمجمة البشرية، وبصفة خاصة العصب البصرى. وبالفعل، كما يشير كيل، فإن فحوصات ليوناردو الشخصية فى تشريح العين والأعصاب البصرية....شكلت الدافع المحورى لاستعراضاته الإدراكية الجميلة لبنية جمجمة الإنسان[٢٦]. وهذه الصور المذهلة للجمجمة مشهورة بتطويعها الرقيق للضوء والظل، واستخدامها البارع للإدراك البصرى (انظر شكل٨-٢ ص ٢٧٥). وبالإضافة لذلك، فعين الطبيب المدربة ترى فيها وصفا مذهلا دقيقا لتجويفات الجمجمة وفتحات الأعصاب - تجويف العين، والجيوب المجاورة، ومجارى الدموع، وفتحات الأعصاب البصرية والسمعية[٢٧].

عندما تتبع ليوناردو الأعصاب البصرية من كل مقلة عين إلى المخ، لاحظ أنها تتقاطع فى منطقة تعرف الآن بالتقاطع الصليبى البصرى[٢٨]. وقد وثق هذا الاكتشاف فى كل رسوماته للأعصاب البصرية وأعصاب الجمجمة (انظر شكل ٩-٣). ظن ليوناردو أن تقاطع الأعصاب البصرية يخدم تسهيل تساوى حركة العينين" أثناء عملية الإدراك الحسى البصرى[٢٩]. كان على الطريق الصحيح، لكنه لم يكن يعرف أن عملية تزامن الإدراك البصرى للعينين عملية أكثر تعقيدا وتتضمن التداخل الدقيق للعديد من مجموعات العضلات والأعصاب.

وفى الوقت الذى رسم فيه ليوناردو ما يعرف باسم ويمر بلات (شكل ٩-٣) حوالى ١٥٠٨، كانت معرفته عن الطبيعة ومنهج أعصاب الجمجمة قد وصل الذروة. ظل ليوناردو مؤمنا بأن الأعصاب التى تحمل الانطباعات الحسية تتجمع

فى التجويفات الأمامية[٣٠]، لكنه يبتعد عن أرسطو بأن أزاح موقع الفطرة السليمة إلى التجويف الأوسط فى المخ[٣١]. وضع ليوناردو فى التجويف الأمامى عضوا خاصا لم يذكره أى أحد من قبل، والذى أطلق عليه مستقبل الانطباعات (impressiva)[٣٢]. وقد رأى فيه محطة إعادة البث، التى تجمع أنساق موجات الانطباعات الحسية، ويقوم بعمليات الانتقاء بواسطة بعض عمليات الرنين، وينظمهم فى شكل ترنيمات متناغمة والتى تمر بعد ذلك إلى الفطرة السليمة، حيث تدخل الوعى.

السمع والحواس الأخرى

على الرغم من أن ليوناردو كان يعتبر الرؤية "أفضل الحواس وأكثرها نبلا[٣٣]"، فإنه فحص الحواس الأخرى كذلك، مهتما بصفة خاصة بمسارات أعصابها الجمجمية، ومن رسوماته المبكرة للرأس، كان يصور بدقة واتساق أعصاب السمع والشم، وكذلك العصب البصرى، وبين كيف تتجمع هذه الأعصاب نحو "الفطرة السليمة."

صور ليوناردو بوضوح فى رسوماته الشهيرة للجمجمة فى المنظور، القناة السمعية، لكن لا يوجد أى وصف تفصيلى لتشريح الأذن فى مخطوطاته المعروفة، وكان على دراية بطبلة الأذن، وأقر بأن اضطرابها بالموجات الصوتية يحدث نبضات حسية فى العصب السمعى. ومع ذلك، لم يوثق ليوناردو أيًا من المراحل الانتقالية، مقنعا نفسه ربما، بأن توليد النبضات العصبية السمعية بواسطة الاضطراب تشبه مثيلاتها من نبضات العصب البصرى، وكلاهما ينتهى فى "الفطرة السليمة."

ربما سجل ليوناردو أو لم يسجل دراسات تفصيلية أكثر عن الإدراك الحسى البشرى للصوت فى المخطوطات التى فقدت، ولكننا نعرف بشكل مؤكد أنه قد قضى أوقاتا لابأس بها فى دراسة حدوث الصوت بواسطة البشر. ولم يقم ليوناردو فقط بفحص تشريح وفسيولوچيا الجهاز الصوتى الكلى لفهم تكون الصوت، بل وسع من دراساته للصوتيات والنظرية الموسيقية، وعمل وصمم الأدوات الموسيقية[٣٤].

والحنجرة أو صندوق الصوت الذى يحتوى على الأحبال الصوتية عضو معقد بشكل غريب، وليس من المستغرب أن ليوناردو لم يفهم كلية أدائها لوظيفتها، ومع ذلك، أنتج رسوماته دقيقة مذهلة فى تفاصيلها التشريحية، بشكل أكثر كثيرا مما كان معروفا فى أيامه، كما أنه أدرك كذلك أن الكثير من الأجزاء الأخرى فى الجسم متضمنة فى تكوين الصوت البشرى، وبكلمات كينيث كيل، أدرك ليوناردو أنه:

> يتضمن حدوث الصوت الوظيفة المتكاملة للبنى من القفص الصدرى إلى الرئتين، والشعب الهوائية، والقصبة الهوائية، والحنجرة، والحلق وتجويفى الأنف والفم إلى الأسنان والشفاه واللسان؛ وأخذ فى اعتباره كل هذه البنى، منتجا رسومات دقيقة غير مسبوقة لها كلها[٣٥].

استخدم ليوناردو كثيرا فى دراساته للصوت البشرى، آليات إنتاج الصوت فى الفلوت والأبواق كنماذج. وفى الحقيقة، كان دائما يستخدم كلمة صوت voce (voice) للأصوات الناتجة عن هذه الآلات. قادته دراساته لتنوع درجة النغم فى آلات النفخ بشكل طبيعى إلى دراسة السلم الموسيقى وطور عناصر النظرية الموسيقية.

كانت موهبة ليوناردو الموسيقية معروفة جيدا لمعاصريه، ولعبت دورا مهمًا فى نجاحه المبكر فى بلاط سفورزا بميلانو[٣٦]، ولدينا كذلك سجلات معاصرة بأنه ألف قطعا موسيقية للأداء المسرحى وللعروض الأخرى فى البلاط[٣٧]، ولسوء

الحظ، لم يتم الحفاظ على أى إنتاج موسيقى لليوناردو. وعلى الجانب الآخر، نستطيع أن نجد العديد من رسومات الآلات الموسيقية فى مذكراته، وقد صمم معظمها لتطوير آلات موجودة، وتتضمن هذه التصميمات لوحات مفاتيح آلات النفخ، والطبل مضبوط الإيقاع، وأدوات الفلوت الجليساندو(*) glissando (مثل صفير البجع) و (أورج الكمان) viola organista، وهو نوع من الأورج ذى جرس صوت يشبه الآلات الوترية(٣٨).

أقنعت تشريحات ليوناردو لأعصاب الجمجمة والجهاز العصبى المركزى، أقنعته بأن الحواس الخمس كلها ترتبط بأعصاب خاصة تحمل الانطباعات الحسية إلى المخ حيث يتم انتقاؤها وترتيبها عن طريق مستقبل الانطباعات ثم تمر إلى الفطرة السليمة، وهناك فى التجويف المركزى للمخ يتم الحكم على الانطباعات الحسية المتكاملة بواسطة العقل، وتتأثر بالخيال والذاكرة.

وقد بين ليوناردو فى العديد من رسوماته للجمجمة البشرية، موقع التجويف الدماغى الثالث بواسطة ثلاثة إحداثيات متقاطعة، بدقة فراغية تامة فى ثلاثة أبعاد (انظر شكل ٨-٢). عرّف ليوناردو ذلك التجويف فى مركز المخ ليس فقط بأنه موقع الفطرة السليمة، بل أيضا كموقع للروح، وقد انتهى إلى أن الروح تقبع فى الجزء الحصيف المحكمى، ويبدو أن هذا الجزء موجود فى المكان الذى تجيء إليه كل الحواس، والذى يعرف باسم، الفطرة السليمة..... والفطرة السليمة هى موقع الروح، والذاكرة هى مخزنها، ومستقبل الانطباعات هو الراوى.(٣٩) وبهذه المقولة يربط ليوناردو نظريته المفضلة للإدراك الحسى للحواس بالفكرة القديمة عن الروح.

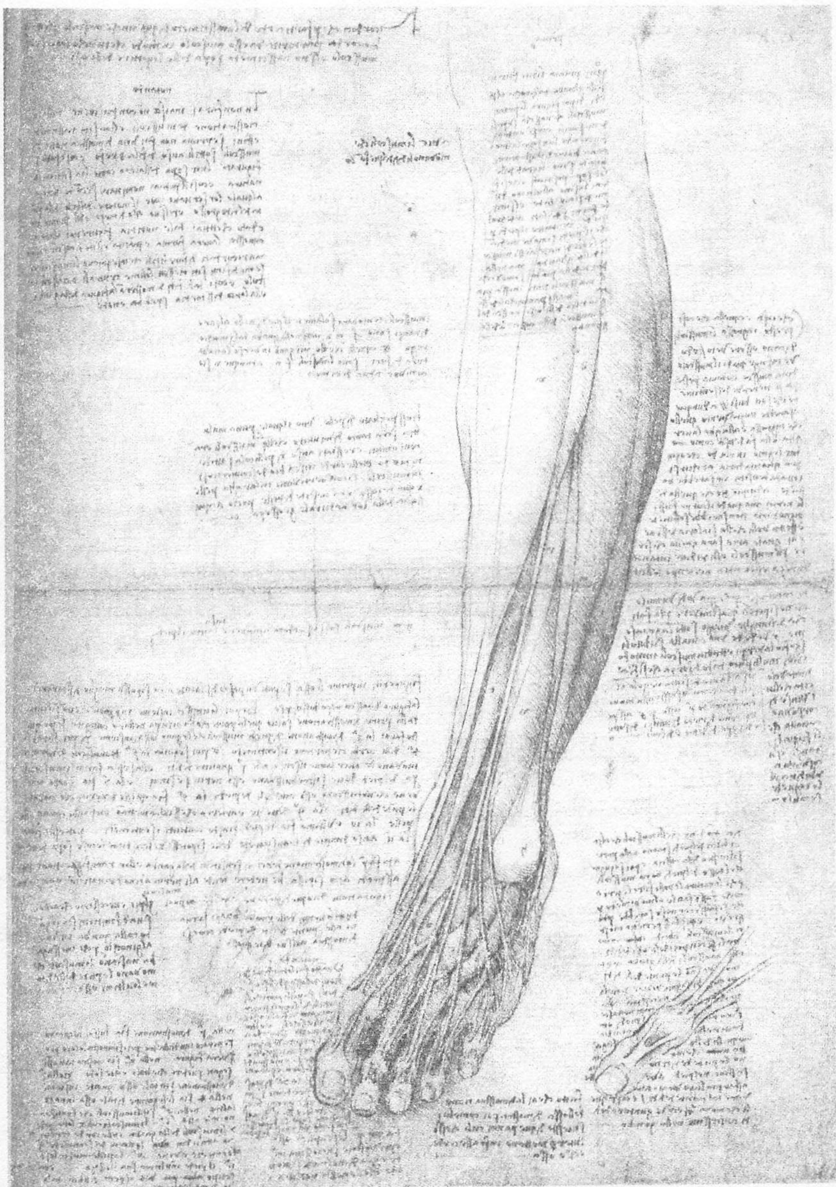
(*) الجليساندو، هو الانزلاق السريع لكل مفاتيح أو أوتار الأداة الموسيقية. (المترجم والمراجع)

المعرفة والروح

كانت الروح فى الفلسفة الإغريقية المبكرة تعتبر القوة المحركة ومصدر كل الحياة الحتمى[٤٠]، وترتبط بشدة فكرة المعرفة بهذه القوة المحركة، التى تغادر الجسم عند الموت. ومنذ بداية الفلسفة الإغريقية كان لمفهوم الروح بعد معرفى، وكانت العملية الحيوية هى أيضا عملية المعرفة. وهكذا أطلق أناكساجوراس فى القرن الخامس قبل الميلاد على الروح "العقل" (nous)، ورأى أنها المادة العقلانية المحركة للعالم.

وأثناء حقبة الفلسفة الهلينستية – الرومانية فصل الفكر السكندرى بالتدريج الخاصيتين اللتين كانتا فى الأصل متحدتين فى المفهوم الإغريقى للروح – خاصية القوة الحيوية وخاصية نشاط الوعى. وجنبا إلى جنب مع الروح (النفس)، التى تحرك الجسم، تظهر الآن. "الروح" (spirit) كمبدأ منفصل معبر عن جوهر الفرد، وكذلك عن الشخصية الإلهية. أدخل الفلاسفة السكندريون التقسيم الثلاثى للكائن البشرى إلى الجسد و"النفس" و"الروح"، لكن الحدود بين النفس والروح كانت تتأرجح، وكانت النفس تقع فى كل مكان ما بين النهايتين المادة والروح.

تبنى ليوناردو وجهة النظر المتكاملة للروح (النفس) التى جاء بها أرسطو والفلاسفة الإغريق المبكرون، الذين رأوا أنها المتعهدة بالإدراك الحسى والمعرفة، وكذلك أيضا هى القوة وراء تكوينات وحركات الجسد، إلا أنه، وعلى خلاف الفلاسفة الإغريق، لم يفكر فقط فى طبيعة الروح (النفس) بل فحص وجهات النظر القديمة تجريبيا. وفى تشريحاته الرقيقة للمخ والجهاز العصبى، تتبع ليوناردو الإدراك الحسى للحواس منذ الانطباعات الأولى على أعضاء الحواس، والعين بالخصوص، وخلال الأعصاب الحسية حتى مركز المخ، كما تتبع كذلك النبضات العصبية للحركة الإرادية من المخ وخلال الحبل الشوكى ثم الأعصاب الطرفية المحركة وحتى العضلات، والأربطة، والعظام، وقد صور كل هذه المسارات فى رسوماته التشريحية الدقيقة (انظر شكل ٩–٤)[٤١]



شكل (٩-٤) دراسة العضلات الأمامية للساق، حوالى ١٥١٠ دراسات تشريحية، ملف ١٥١٢

ومن وجهة نظر ليوناردو فإن كل الحركة المادية تنبع من حركات غير مادية وغير مرئية للروح (للنفس)، وتصور أن "الحركة الروحية" السارية خلال أطراف الحيوانات الواعية توسع عضلاتها، وبتوسعها، تصبح هذه العضلات أقصر وتشد الأوتار المربوطة بها إلى الخلف، وذلك هو مصدر القوة فى أطراف الإنسان.... تنشأ الحركة المادية بين الحركة اللامادية[٤٢]. وبهذا المفهوم عن الروح (النفس) سحب ليوناردو الفكرة الأرسطية التقليدية، وفقا لبراهينه التجريبية، وفى هذا الأمر كان سابقا على عصره بكثير.

وأثناء القرون التالية، ظلت مذكرات ليوناردو مختبئة فى المكتبات الأوربية القديمة، وفقد الكثير منها، واختفت تدريجيا وجهة النظر الأرسطية المتكاملة عن الروح (النفس) من الفلسفة. وفكرة أن الروح متحررة من الجسد مبدأ إلهى، أصبح الفكرة الرئيسية فى الميتافيزيقيا الدينية، أما الروح (النفس) وفقا لذلك، فكانت ترى على أنها مستقلة عن الجسد وقد وهبت الخلود، وبالنسبة للفلاسفة الآخرين، أصبح مفهوم الروح (النفس) مرادفا بشكل متزايد للعقل المنطقى، وفى القرن السابع عشر، اقترح رينيه ديكارت التقسيم الأساسى للواقعية إلى عالمين مستقلين ومنفصلين ــ العقل الشىء الذى يفكر (res cogitans) والمادة الشىء الممتد (res extensa).

ظل الانفصال المفاهيمى بين العقل والمادة يشغل بال العلم والفلسفة الغربيين لأكثر من ثلاثمائة سنة. استمر العلماء والفلاسفة بعد ديكارت يعتقدون أن العقل كينونة غامضة، ولم يستطيعوا أن يتخيلوا كيف لهذا الشىء الذى يفكر أن ينتسب إلى الجسد، وبصفة خاصة ظلت العلاقة الدقيقة بين العقل والمخ غامضة بالنسبة لمعظم علماء النفس وعلماء الأعصاب.

وأثناء العقدين الأخيرين من القرن العشرين، مع ذلك، بزغ مفهوم غير مسبوق عن طبيعة العقل والوعى فى علوم الحياة، والذى تغلب فى النهاية على الفصل الديكارتى بين العقل والجسد. كان التقدم الحاسم هو لفظ وجهة النظر القائلة بأن العقل (شيء) أى التأكد بأن العقل والوعى ليسا كينونتين ولكن عمليتين. وفى الخمس والعشرين سنة الماضية، ازدهرت دراسة العقل من هذا المنظور إلى مجال متعدد المناهج يعرف باسم علم المعرفة، يسمو على الأطر التقليدية من البيولوجيا وعلم النفس، ونظرية المعرفة[٤٣].

وإحدى النظرات الثاقبة المحورية لعلم المعرفة هو تعريف المعرفة، أى عملية المعرفة، بمدلول عملية الحياة. والمعرفة وفقا لهذه الرؤية، هى ترتيب نشاط النظم الحياتية على كل مستويات الحياة. ووفقا لذلك، فتفاعل كائن حى – نبات أو حيوان أو إنسان – مع بيئته يُفهم على أنه تفاعلات معرفية. وهكذا تصبح الحياة والمعرفة مرتبطتين لاتنفصمان، والعقل – أو بدقة أكثر النشاط الذهنى – هو جوهرى فى المادة على كل مستويات الحياة. ويمثل هذا المفهوم الجديد امتدادا راديكاليا لمفهوم العقل. تتضمن المعرفة من وجهة النظر الجديدة، عملية الحياة الكلية – بما فى ذلك الإدراك الحسى، والعاطفة، والسلوك – ولا تتطلب حتى بالضرورة مخا وجهازا عصبيا.

ومن الواضح أن تعريف العقل أو المعرفة على أنهما عملية الحياة على الرغم من أنها فكرة غير مسبوقة فى العلم، فإنها تبدو قريبة جدا من مفهوم الروح (النفس) عند ليوناردو. يرى علماء المعرفة فى العصر الحديث، مثل ليوناردو، أن المعرفة (أو الروح –النفس) كلاهما عملية للإدراك الحسى والمعرفة، وعلى أنهما العملية التى تنشط حركات الجسد وتنظمه. وهناك اختلاف مفاهيمى؛ فبينما يفهم علماء المعرفة، المعرفة نفسها بوضوح على أنها عملية، فإن ليوناردو يرى الروح (النفس) على أنها كينونة، ومع ذلك، فعندما كتب عنها ليوناردو كان يصفها دائما بمدلولات نشاطاتها.

إلى أى حد يقترب مفهوم ليوناردو للروح (النفس) من المفهوم الحديث للمعرفة، يمكن رؤيته فى مذكراته عن طيران الطيور، والذى يقارن فيه حركات الطائر الحى مع حركات الآلة الطائرة التى يصممها. وعلى مدى ساعات طويلة من الملاحظات المكثفة للطيور أثناء طيرانها فى التلال المحيطة بفلورنسا، أصبح ليوناردو على دراية تامة بمقدرتها الغريزية على المناورة فى مهب الريح، محافظة على توازنها بالاستجابة لتغير تيارات الهواء بالحركات الدقيقة لأجنحتها وذيولها[٤٤].

ويفسر ليوناردو ذلك فى مذكراته بأن هذه المقدرة علامة على ذكاء الطائر- انعكاس لأفعال روحها (نفسها)[٤٥]. وفى لغة العلوم الحديثة، قد تقول إن تفاعلات الطائر مع تيارات الهواء ومناوراته الرشيقة فى مهب الريح هى عمليات معرفية، كما أقر بذلك ليوناردو بوضوح ووصفه بدقة، وقد أدرك كذلك أن هذه العمليات المعرفية الرشيقة للطائر أثناء طيرانه، هى دائما متفوقة على قيادة طيار من البشر لآلة ميكانيكية:

> ومن الممكن القول أن مثال هذه الآلة التى صممها الإنسان تفتقد فقط روح الطائر، والتى يجب أن تزيفها روح (نفس) الإنسان.... (ومع ذلك)، ستستجيب من روح (نفس) الطائر، أفضل بكل تأكيد لحاجات أطرافها من روح (نفس) الإنسان، والمعزولة عن هذه الأطراف وخاصة عن حركات التوازن غير المدركة حسيا[٤٦].

رأى ليوناردو، مقتفيا آثار أرسطو، أن الروح (النفس) ليست فقط مصدر كل الحركات الجسدية، بل هى كذلك القوة الكامنة وراء تكوين الجسد، وأطلق عليها "مركِّب الجسد[٤٧]". ويتفق ذلك تماما مع وجهات نظر علماء المعرفة اليوم، الذين يفهمون المعرفة على أنها عملية تتضمن التوليد الذاتى والتنظيم الذاتى للكائنات الحية.

ويبدو أن الاختلاف الرئيسى بين مفهوم ليوناردو للروح (النفس) وعلم المعرفة الحديث هو أن ليوناردو يعطى الروح (النفس) البشرية موقعا محددا فى

المخ. ونعرف اليوم أن الوعى الانعكاسى - النوع الخاص من المعرفة الذى يميز القردة العليا والبشر - هو عملية واسعة الانتشار تتضمن طبقات معقدة من الشبكات العصبية. وبدون أن تكون البنى الميكروسكوبية للمخ والكيمياء والإشارات الكهرومغناطيسية متاحة لليوناردو، لم يكن لديه أى وسيلة لاكتشاف شبكات الخلايا العصبية الممتدة؛ وحيث إنه لاحظ أن مسارات أعصاب الحواس المختلفة يبدو أنها تتجمع فى اتجاه التجويف الأوسط فى المخ، فقد قرر أن ذلك لابد أن يكون موقع الروح (النفس).

ولم يكن فى زمن عصر النهضة اتفاق حول موقع الروح (النفس) وبينما كان ديمقريطس وأفلاطون يقران بأهمية المخ، فإن أرسطو اعتبر القلب مقر الفطرة السليمة. قدم ابن رشد وجهة نظر أخرى، وهو المعلق العربى العظيم على تعاليم أرسطو التى كان لها أعظم الأثر فى إيطاليا فى عصر النهضة[٤٨]. عرّف ابن رشد الروح (النفس) على أنها تشغل كامل الجسم الحى، الأمر الذى يعنى أنه ليس لها مكان محدود. وبعد أن أخذ ليوناردو فى اعتباره مثل هذه الآراء، وفى ضوء الأدلة التجريبية التى جمعها، وضع الروح (النفس) بكل ثقة فى التجويف المركزى للمخ.

تكون الروح والجسد كيانا واحدا غير منفصم بالنسبة لليوناردو. وقد فسر ذلك بقوله "ترغب الروح (النفس) أن تظل فى جسدها، لأنه بدون الأجهزة العضوية لذلك الجسم لن تستطيع أن تنقل أو تشعر بأى شيء"[٤٩]. ومرة أخرى، فإن ذلك يتسق تماما مع علم المعرفة الحديث، حيث توصلنا إلى فهم العلاقة بين العقل والجسد على أنها علاقة بين عملية (المعرفة) والبنية (الحية) والتى تمثل سمتين مكملتين لظاهرة الحياة. وبالفعل، وكما كتب ليوناردو عن الروح (النفس)، يتكلم اليوم علماء المعرفة عن العقل على أنه متجسد فى الأساس؛ فمن جهة، تشكل العمليات المعرفية أشكالنا الجسدية باستمرار، ومن جهة أخرى، فإن بنية الحكمة تنشأ من أجسامنا و أدمغتنا[٥٠].

جادل ليوناردو، بشكل متميز بالنسبة لعصره، ضد وجود الأرواح المتحررة من الجسد، وأعلن "لا يمكن أن يكون للروح صوت ولا شكل ولا قوة، وإذا قال أحد أنه، من خلال الهواء المتجمع والمضغوط، فإن للروح أجسامًا ذات أشكال متنوعة، وبمثل هذه الآلة تتكلم وتتحرك بقوة، فإننى أجيب على ذلك بأنه حيث لا يوجد أعصاب ولا عظام فلن تكون هناك قوة تبذل فى أى حركة تقوم بها مثل هذه الأرواح الوهمية[٥١]".

ومن وجهة نظر ليوناردو، فإن وحدة الجسم والروح (النفس) الأساسية تنشأ فى بداية الحياة نفسها، وتختفى فى النهاية بموت الاثنين، وفى الملفين اللذين يحتويان على أغلب رسوماته الجميلة للجنين فى الرحم (شكل أ - ١)، نجد الأفكار الملهمة الآتية عن العلاقة بين أرواح (أنفس) الأم والطفل:

> تحكم روح واحدة فقط هذين الجسدين؛ فالرغبات والمخاوف والآلام مشتركة لهذا المخلوق، كما هى بالنسبة لكل الأجزاء الحية.... روح (نفس) الأم.... توقظ فى الوقت المناسب الروح التى ستصبح قاطنة لها. تظل الأخيرة نائمة فى حراسة روح (نفس) الأم التى تغذيها وتبعث فيها الحياة من خلال الحبل السرى[٥٢].

ويتوافق هذا المقطع المتميز تماما مع علم المعرفة الحديث، وبلغة شعرية، يصف الفنان والعالم التطور التدريجى للحياة الذهنية للجنين مع تطور جسده، وفى نهاية الحياة تجرى الأمور فى الاتجاه العكسى. وقد كتب ليوناردو محركا للمشاعر فى حياته المتأخرة "بينما كنت أظن أننى أتعلم كيف أعيش، فإننى كنت أتعلم كيف أموت[٥٣]". وفى ابتعاد مذهل عن العقيدة المسيحية، لم يعبر ليوناردو دافينشى أبدا عن المعتقد بأن الروح ستبقى بعد موت الجسد.

نظرية المعرفة

يضع الفصلان الأخيران من كتابى ما يصل إلى كونه نظرية موسعة للمعرفة، شاهدة على عبقرية ليوناردو كمفكر متكامل وشامل، وباقترابه من الإدراك الحسى والمعرفة بوصفه رسامًا، بدأ ليوناردو باستكشاف مظهر الأشياء بالنسبة للعين، وطبيعة المنظور وظواهر البصريات، وطبيعة الضوء ولم يستخدم الاستعارة القديمة للعين على أنها نافذة الروح فقط، بل أخذ الأمر بجدية، وعرَّض العين لفحوصاته التجريبية متتبعا أشعة أهرامات الضوء الداخلة إلى العين حتى العصب البصرى، وقد وصف كيف فى تلك المنطقة، المعروفة اليوم "بالشبكية" تولِّد اضطرابات أشعة الضوء نبضات حسية، وتتبع تلك النبضات الحسية على طول العصب البصرى حتى "موقع الروح – النفس" فى التجويف الأوسط للمخ.

طور ليوناردو كذلك نظرية تفصيلية لكيفية دخول الانطباعات الحسية إلى الوعى. وقد ظل غير واضح بالنسبة له كيف للنبضات العصبية بالضبط أن تخضع لتأثير الذكاء والذاكرة والتصور، متغاضيا عن العلاقة بين خبرة الوعى والعمليات العصبية، ومع ذلك، وحتى يومنا هذا لا يستطيع علماء الأعصاب الرواد أن يفعلوا أفضل من ذلك(٥٤).

وكون ليوناردو قادرا على تطوير نظرية دقيقة ومتماسكة للإدراك الحسى والمعرفة مبنية على أدلة تجريبية، لكن بدون أى معرفة بالخلايا أو الجزيئات أو الكيمياء الحيوية أو الكهرومغناطيسية، هو بكل تأكيد شىء خارق، وقد أصبح الكثير من الأجزاء الصغيرة لتفسيراته فيما بعد مناهج علمية منفصلة، بما فى ذلك البصريات وتشريح الجمجمة وعلم الأعصاب وفسيولوچيا المخ ونظرية المعرفة، وخلال العقد الأخير من القرن العشرين، بدأت هذه المواضيع تتجمع ثانية ضمن مجال متعدد المناهج لعلم المعرفة، موضحا تشابها مذهلا مع مفهوم ليوناردو الشامل لعملية المعرفة.

ومرة ثانية، لا أملك أن أتساءل كيف كان العلم الغربى سيتطور مختلفا لو نشر ليوناردو رسائله أثناء حياته كما كان ينوى؟ عاش وعمل كل من جاليليو وديكارت وبيكون ونيوتن - عمالقة الثورة العلمية - فى أوساط فكرية أقرب كثيرا لعصر النهضة من عصرنا، وأعتقد أنهم كانوا سيفهمون لغة ليوناردو وفكره أفضل منا كثيرا اليوم. ناضل هؤلاء الفلاسفة الطبيعيون، كما كان يطلق عليهم - مع نفس المشكلات التى شغلت وفتنت ليوناردو خلال حياته، والتى وجد فى أغلب الأحيان الحلول الأصلية لها. تُرى، كيف كانوا سيضمِّنون نظراته الثاقبة فى نظرياتهم؟

واحسرتاه! إن مثل هذه الأسئلة ليس لها إجابات؛ فبينما كان للوحات ليوناردو تأثير حاسم على الفن الأوروبى، فإن رسائله العلمية ظلت مختفية لقرون، ومنفصلة عن تطور العلم الحديث.

خاتمة

" اقرأ لى أيها القارئ، إذا وجدت البهجة فى كلماتى"

لا يمكن فهم علم ليوناردو فى إطار النموذج الميكانيكى لجاليليو وديكارت ونيوتن. وعلى الرغم من أنه كان عبقريا ميكانيكيًا صمم عددًا لا يحصى من الآلات، فإن علمه لم يكن ميكانيكيًا، وقد تعرف تماما ودرس باستفاضة السمات الميكانيكية لأجسام البشر والحيوانات، ولكنه رآها دائمًا حالات تستخدمها الروح (النفس) للتنظيم الذاتى الكائن. ومحاولة فهم تلك العمليات من التنظيم الذاتى – النمو والتحركات وتحولات أشكال الطبيعة الحية – كانت فى الجوهر الأساس لعلم ليوناردو. كان علما للنوعيات والأشكال العضوية التى تشكلت وتحولت بواسطة عمليات كامنة. كانت الطبيعة ككل حية ونشطة بالنسبة لليوناردو، عالم دائم التدفق والتطور، فى العالم الكبير للأرض، كما هو فى العالم الصغير للجسم البشرى.

وبينما أذعن معاصرو ليونادرو لتعاليم "أرسطو" وتعاليم الكنيسة، طور ليوناردو ومارس مسلكا تجريبيًا لاكتساب معرفة مستقلة، والذى عرف بالمنهج العلمى بعد قرون. تضمن هذا المسلك الملاحظات المنهجية والحرفية للظواهر الطبيعية والتجارب العبقرية وصياغة النماذج النظرية، والمحاولات العديدة للتصميمات الرياضية.

استخدم ليوناردو طريقته التجريبية بالتضامن مع قدراته الفائقة على الملاحظة "ويده اليسرى الرفيعة" – لتحليل ورسم وعمل لوحات "باقتراحات فلسفية رقيقة ... كل مزايا الأشكال"[١] والسجلات التى تركها والمتعلقة بفحوصاته طوال حياته خير شاهد على كل من فنه وعلمه.

قدم لنا المفكرون فى العقود الحديثة تحليلات شاملة لبعض مجالات علم ليوناردو (وإن كان أغلبها من منظور يختلف بعض الشيء عن منظورى)، بينما بقيت بعض المجالات دون استكشاف. وقد تم تحليل الجزء الأساسى كله من دراسات ليوناردو التشريحية فى تفاصيل قيمة لكتاب رائع عنوانه "عناصر ليوناردو دافينشى فى علم الإنسان" لمؤرخ الطب والمتخصص فى ليوناردو كينيث كيل(٢).

وتمت مناقشة مساهمات ليوناردو الأصلية للساحات والحدائق وكذلك أيضا أعماله الخارقة فى علم النبات بتفاصيل عظيمة، فى مجلد نافع بواسطة عالم النبات وليم إيمبودن تحت عنوان "ليوناردو دافينشى حول النباتات والحدائق(٣)." ولسوء الحظ لا يوجد مجلد يضاهى ذلك حول كتابات ليوناردو الضخمة عن "حركة المياه"، والذى يحتوى على أعماله الرائدة عن سريان الموائع وكذلك العديد من أفكاره الأصلية عن البعد الإيكولوجى للماء باعتباره وسطا وغذاءً مائعا للحياه. كما ظلت ملاحظاتة الجيولوجية المتعلقة بذلك، والتى سبقت عصرها بقرون، ظلت غير مستكشفة بشكل كبير.

وقد تمت مناقشة إسهامات ليوناردو فى الميكانيكا والهندسة بشكل مستفيض فى العديد من الكتب، بما فيها المجلد الجميل عن "هندسة عصر النهضة من برونيلليتشى وحتى ليوناردو دافينشى" لمؤرخ العلوم باولو جالوزى(٤). كانت ملاحظاته الدقيقة وتحليلاته لطيران الطيور، ومحاولاته الدءوبة لتصميم آلات طائرة تعمل، قد تم تقييمها فى مجلد غنى بتوضيحاته وأخاذ بواسطة مؤرخ العلوم دومنيكو لورنزا، وعنوانه "ليوناردو عن الطيران"(٥). ومع ذلك، لم يقدم حتى هذه اللحظة تقويم شامل لأعمال ليوناردو واسعة المدى فى العمارة والهندسة من المنظور الحديث للتصميم(٦)، وكان من الممكن أن يكون ذلك بكل تأكيد موضوعًا أخاذا .

بدأت دراسات ليوناردو لأشكال الطبيعة الحية بمظهرها الخارجى ثم تحولت إلى الفحوصات المنهجية لطبيعتها الذاتية. كانت أنساق الحياة فى التنظيم، وبناها العضوية وعملياتها الأساسية من الأيض والنمو هى الخيوط المفاهيمية الموحدة التى تربط معرفتة عن العالم الكبير بمعرفتة عن العالم الصغير. وخلال حياتة درس ورسم الصخور ورواسب الأرض التى شكلتها الحياة، ونمو النباتات الذى شكله أيضها، وتشريح جسم الحيوان أثناء حركتة. وقد استخدم فهمه العلمى لأشكال الطبيعة كدعم علمى لفنه، واستخدم رسوماته ولوحاته كأدوات للتحليل العلمى. وهكذا كانت دراسات ليوناردو لأشكال الطبيعة الحية تمثل وحدهة لاتنفصم بين الفن والعلم.

وفى إيطاليا عصر النهضة، لم يكن أمرًا شاذا أن تجد رسامين كانوا كذلك نحاتين أو معماريين أو مهندسين مشهورين. كان الإنسان العالمى Uomo universale هو المثالى العظيم فى ذلك الزمن، ومع ذلك كانت إبداعات ليوناردو دافينشى فى الفن والعلم واستخداماتها البارعة فى مجالات عديدة من التصميم والهندسة، متفردة بشكل مطلق. وفى القرون المتعاقبة، أعيد اكتشاف مفاهيم ليوناردو وملاحظاته العلمية تدريجيًا، وعادت للظهور رؤيته لعلم الأشكال العضوية عدة مرات فى عصور مختلفة، ولم يحدث بعد ذلك أبدا أن اجتمع فى إنسان واحد كل هذا الكم من العبقرية الفكرية والفنية.

لم يتفاخر ليوناردو أبدا بمواهبه ومهاراته المتفردة، وعلى مدى آلاف الصفحات من المخطوطات لم يفتخر قط بأصالة الكثير من أفكاره واكتشافاته، ولكنه كان على دراية تامة بمنزلته المتميزة. وفى مخطوطة مدريد، وفى خضم مناقشاته المستفيضة عن قوانين الميكانيكا نجد سطرين يصلحان تعريفا مختصرًا له:

اقرأ لى أيها القارئ، إذا وجدت البهجة فى كلماتى

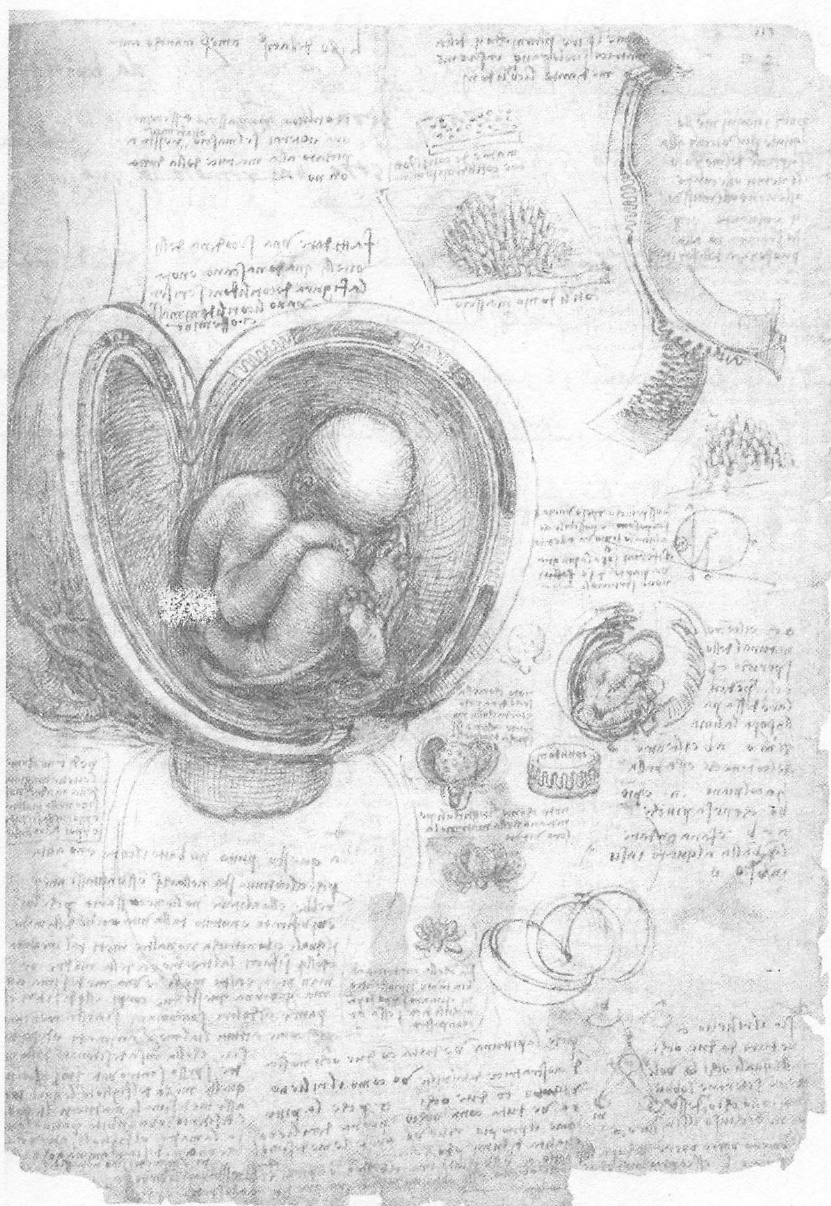
لأنه من النادر فى العالم أن يولد شخص مثلى مرة ثانية(٧).

وعلى مدى أكثر من أربعين سنة، تتبع ليوناردو بلا كلل استكشافاته العلمية مدفوعًا بفضوله الفكرى المكثف الذى لايهدأ، وحبه للطبيعة، وعشقه لكل ماهو حى، وكثيرًا ماتعكس رسوماته الرائعة هذا العشق برقة وحساسية بالغتين؛ فمثلاً تمثيل صورته الشهيرة لجنين فى رحم (شكل E – ١) يصاحبها اسكتشات صغيرة متعددة والتى تشبه الرحم بجنين كيس الزهرة، مصورًا غشاء الرحم منزوع الطبقات فى ترتيب بتلات الزهرة. وتظهر المجموعة الكلية للرسومات بوضوح حرص ليونادرو الهائل واحترامه لكل أشكال الحياة. وهى تنم عن رقة مثيرة بشكل عميق.

كان علم ليوناردو علمًا لطيفًا، وكان ينبذ العنف وله عاطفة خاصة نحو الحيوانات. كان نباتيًا لأنه لم يرغب أن يسبب ألمًا للحيوانات بقتلها من أجل الغذاء. وقد يشترى الطيور فى أقفاصها من السوق ليطلقها حرة، ثم يلاحظ طيرانها ليس فقط بعين ملاحظ ثاقبة، ولكن بحنو شديد كذلك. وبتصفح صفحات المذكرات، قد يجد المرء فجأة الانطباع كأن طائرًا وحيدًا قد طار فى التو على الصفحة بينما كان ليونادرو يناقش أمرًا آخر، ثم يتبع ذلك سرب كامل من المخلوقات الهائجة فى الملفات التالية[٨].

حاول ليوناردو فى تصميماته للآلات الطائرة محاكاة طيران الطيور أقرب ما يمكن لدرجة أنه ترك انطباعًا بأنه أراد أن يصبح طائرًا، وأطلق على آلاته الطائرة (طائر) (uccello)، وعندما رسم الأجنحة الميكانيكية للآلة، قام بمحاكاه البنية التشريحية لجناح الطائر بدقة متناهية، لدرجة أن المرء يشعر، عن حب، أنه من الصعب غالبًا أن تميز الاختلاف بينهما (انظر شكل أ–٢).

وبدلاً من محاولة السيطرة على الطبيعة، كما دعا فرانسيس بيكون فى القرن السابع عشر، كان هدف ليوناردو التعلم من الطبيعة أكثر ما يمكن . كان فى هلع من الجمال الذى رآه فى تعقيدات الأشكال الطبيعية وأنساقها وعملياتها، وكان على دراية بأن عبقرية الطبيعة تتفوق كثيرًا على التصميم البشرى. وقد أعلن أنه ،"على الرغم من أن عبقرية الإنسان تستخدم فى آلات مختلفة فى الابتكارات المتنوعة لنفس الغرض، فإنها لن تكتشف أبدا ابتكارًا أكثر جمالا أو سهولة أو اقتصاديًا أكثر من ابتكارات الطبيعة ،لأنه فى ابتكاراتها، لا يوجد شيء ناقص ولاشيء زائد "[٩]



شكل (أ-١) الجنين داخل الرحم حوالى ١٥١٠-١٢ ، دراسات تشريحية ، ملف 198r

وهذا الموقف من رؤية الطبيعة كنموذج ومعلم قد أعيد اكتشافه الآن فى ممارسة التصميم الإيكولوجي. ومثل ليوناردو دافينشى منذ خمسمائة سنة، يدرس المصممون الإيكولوجيون الأنساق والتدفقات فى العالم الطبيعى ويحاولون تضمين المبادئ الكامنة وراءها فى عمليات تصميماتهم.[١٠] وعندما كان ليوناردو يصمم الفيلات والقصور كان يبدى اهتماما خاصًا بتحركات الناس والبضائع خلال المبانى مستخدمًا استعارة عمليات الأيض فى تصميماته المعمارية.[١١] وكان يعتبر كذلك أن الحدائق أجزاء من المبانى، محاولا دائمًا تكامل العمارة والطبيعة. وطبق نفس المبادئ على تصميماته للمدن، متصورا المدينة نوعا من الكائنات، تحتاج فيه الناس، والبضائع المادية، والمياه، والمخلفات، تحتاج أن تنساب بسهولة لكى تكون المدينة صحية.[١٢]



شكل (أ-٢) دراسة لجناح ميكانيكى محاكيا جناح طائر، مخطوطة سول فولو، ملف 7r

وفى مشروعاته المتعددة فى الهندسة الهيدروليكية، درس ليوناردو بعناية سريان الأنهار لكى يحول برفق مساراتها بإدخال سدود صغيرة نسبيًا فى الأماكن الصحيحة وبالزوايا المناسبة، وقد شرح ذلك قائلاً "لكى تحول النهر من موقع إلى آخر، يجب أن تفعل ذلك برفق لا أن تجبره على ذلك بعنف."(١٣)

وهذه الأمثلة فى استخدام العمليات الطبيعية نماذج للتصميمات البشرية، وللعمل مع الطبيعة بدلاً من محاولة السيطرة عليها، يظهر بجلاء أن ليوناردو بوصفه مصممًا يعمل بالروح التى تدعو لها حركة المصممين الإيكولوجيين. ويكمن وراء هذا الموقف من تقدير الطبيعة واحترامها، موقف فلسفى لا يرى البشر تقف بعيدًا عن بقية العالم الحى، بل هم متضمنون أساسًا ومعتمدون على المجتمع الكلى للحياة فى المحيط الحيوى.

تشجع مدرسة فكرية وحركة ثقافية تعرف باسم "الإيكولوجيا العميقة" ذلك الموقف الفلسفى اليوم.(١٤) والتميز بين الإيكولوچيا الضحلة والعميقة مقبول على نطاق واسع فى هذه الأيام بوصفه مصطلحًا مفيدًا يعبر عن تقسيم رئيس بين الأفكار البيئية المعاصرة، وترى الإيكولوچيا الضحلة البشر على أنهم خارج العالم الطبيعى، وأنهم مصدر كل القيم، وتعزو للطبيعة قيمة آلية أو "نفعية" أما الإيكولوجيا العميقة فعلى النقيض لا تفصل البشر أو أى شيء آخر عن البيئة الطبيعية، وهى ترى العالم الحى مرتبطا فى الأساس ومعتمدًا بعضه على بعض، وتعترف بالقيمة الذاتية لكل الكائنات الحية . ومن المدهش أن مذكرات ليوناردو تحتوى على تفصيل واف لهذه الرؤية: "فضائل الحشائش والأحجار والأشجار ليست موجودة بسبب معرفة البشر بها..... الحشائش نبيلة بذاتها دون مساعدة من لغات البشر أو رسائلهم."(١٥)

وفى النهاية، الإدراك الإيكولوجى العميق ليس إلا إدراكا روحيًا أو دينيًا. وعندما تفهم الروحانية على أنها وسيلة انسياب من الشعور العميق بالوجود مع

الشكل، شعور بالانتماء للكون ككل، يصبح واضحًا أن الإدراك الإيكولوچى روحانى فى أعمق جوهره.[١٦] ويبدو أن وجهة نظر ليوناردو للعالم كان لها ذلك النوع من البعد الروحانى. وعلى النقيض من معظم معاصريه، كان ليوناردو بالكاد ينسب الأمور لخلق الرب، لكنه كان يفضل الكلام عن الأعمال غير المحدودة والابتكارات الرائعة للطبيعة. وتمتلئ مذاكراته بمقاطع يصف فيها كيف أن الطبيعة قد فرضت على الحيوانات أن تشعر بالألم، وكيف أنها خلقت الأحجار وجعلت سطح القرنية محدبا، ومنحت الحيوانات الحركة، وشكلت أجسامها.

يشعر المرء فى كل تلك المقاطع بتوقير ليوناردو الكبير لإبداعات الطبيعة اللامحدودة وحكمتها، وهى أمور لا ترد فى اللغة الدينية، وهى على الرغم من ذلك عميقة فى روحانيتها.

وخلال القرون التى تلت وفاة ليوناردو، وبينما ظلت مذكراته مختفية، حلت الثورة العلمية والثورة الصناعية محل الرؤية العضوية للعالم فى العصور الوسطى وعصر النهضة بالمفهوم المختلف كلية للعالم كأنه آلة. سيطر النموذج الآلى الإرشادى الناتج - الذى صاغه بلغة علمية كل من جاليليو وديكارت ونيوتن ولوك- على ثقافتنا لما يزيد على ثلاثمائة سنة، وشكل خلالها مجتمعاتنا الغربية الحديثة، كما أثر بشكل كبير على بقية العالم.[١٧]

يتكون هذا المثال الإرشادى من عدد من الأفكار والقيم العميقة والمقيدة، والتى من بينها رؤية العالم على أنه نظام آلى يتكون من قوالب بناء أولية، ورؤية جسم الإنسان كآلة، ورؤية الحياة فى مجتمع كنضال تنافسى من أجل البقاء، والاعتقاد فى التقدم المادى اللا نهائى الذى يمكن التوصل إليه من خلال النمو الاقتصادى والتكنولوچى. وقد تم تحدى كل هذه الافتراضات قدريًا بواسطة الأحداث الحديثة، ومراجعتها الراديكالية التى تجرى الآن.

ومع تكشف قرننا الجديد، أصبح واضحًا بشكل متزايد أن المشاكل الرئيسية لعصرنا – سواء كانت اقتصادية أوبيئية أوتكنولوجية أو اجتماعية أو سياسية – هى مشاكل عامة لا يمكن حلها فى الإطار المتقطع والاختزالى لمناهجنا الأكاديمية ومؤسساتنا الاجتماعية، ونحتاج إلى تحول راديكالى فى إدراكنا الحسى وفكرنا وقيمنا. ومن المؤكد أننا الآن فى بداية مثل هذا التغير الأساسى لرؤيتنا العالمية عن العلم والمجتمع.

وأثناء العقود القليلة الأخيرة بدأت وجهة النظر الديكارتية تفسح الطريق لرؤية شمولية وإيكولوجية لا تختلف عن تلك التى عبر عنها علم ليوناردو وفنه؛ فبدلاً من رؤية العالم كآلة مكونة من وحدات بناء أولية، اكتشف العلماء أن العالم المادى فى النهاية هو شبكة من أنساق علاقات لا تنفصم، أى أن الكوكب ككل هو نظام حى ينظم نفسه بنفسه، ورؤية أن الجسم البشرى والعقل كينونات منفصلة تم إحلالها برؤية أخرى، هى أنه ليس المخ وحده بل أيضا النظام المحض وأنسجة الجسم وحتى كل خلية كنظام حى ومعرفى، ولا ينظر للتطور بعد الآن كصراع تنافسى على الوجود، بل كرقصة تعاونية، فيها الإبداع وبزوغ كل ماهو جديد عملية مستمرة، وهى القوى المحركة. ومع التأكيد الجديد على التعقيد والتشابك وأنساق الترتيب، سيبزغ ببطء علم جديد ذو قيمة[١٨].

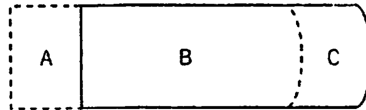
وطبيعى أن تجرى صياغة هذه العلوم الجديدة بلغة مختلفة تمامًا عن لغة ليوناردو، حيث إنها تتضمن أحدث الإنجازات فى الكيمياء الحيوية والوراثة وعلم الأعصاب والمناهج العلمية المتقدمة الأخرى. ومع ذلك فالمفهوم الكامن وراء العالم الحى، كونه مترابطًا فى الإحساس وغاية فى التعقيد وإبداعى ومتشرب بالذكاء المعرفى، هذا المفهوم مشابه تمامًا لرؤية ليوناردو. وبذلك تكون علوم هذا الحكيم العظيم وفنه من عصر النهضة، بمداها التكاملى وجمالها الرفيع، وحياتها المؤكدة للأخلاقيات، هى إلهام هائل لزماننا.

ملحق

هندسة ليوناردو للتحولات

سأناقش فى هذا الملحق بعضا من التفصيلات الأكثر تقنية لهندسة ليوناردو للتحولات، التى قد تكون ذات أهمية للقراء الذين على علم بالرياضيات الحديثة.

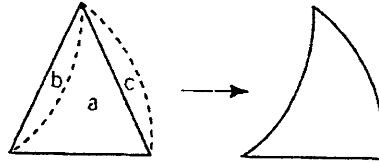
وهناك ثلاثة أنواع من تحولات منحنية الأضلاع التى يستخدمها ليوناردو بصفة متكررة فى تركيباته المتنوعة.[١] وفى النوع الأول يتم تحويل شكل ما له جانب واحد منحنى الضلع إلى موضع جديد بحيث يتراكب الشكلان (انظر الشكل ب – ١)، وحيث إن الشكلين متماثلان فإن الجزئين الباقيين، عندما نطرح الجزء المشترك (B) لا بد أن يتساويا فى المساحة (A = C)، سمحت هذه التقنية لليوناردو أن يحول أى مساحة محدودة بمنحنيين متماثلين إلى مساحة مستطيل أى "تربيعها".



شكل (ب –١) التحول عن طريق الانتقال

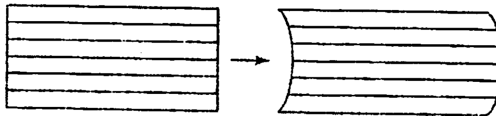
إلا أنه وفقًا لعلم ليوناردو عن النوعيات، فإنه لم يكن مهتما بحساب المساحات، بل فقط فى إرساء النسب[٢].

ويتم التوصل إلى النوع الثانى من التحولات باقتطاع شريحة من شكل معين، وليكن مثلثا، تم إعادة وصلها بالجانب الآخر (انظر شكل ب -٢)، من الواضح أن الشكل منحنى الأضلاع الجديد له نفس مساحة المثلث الأصلى، وكما يشرح ليوناردو فى النص المرافق "سأقتطع الجزء b من المثلث ab ، وسأعيده إلى الموقع c .... فإذا أعدت إلى سطح معين ما سبق اقتطاعه منه، سيعود السطح إلى ما كان عليه فى الحالة السابقة.[٣] وكثيرًا ما كان يرسم مثل هذه المثلثات المنحنية الأضلاع التى سماها falcate (معقوف كالمنجل وهو مصطلح مشتق من falce ، الكلمة الإيطالية المرادفة لـ scythe) (المنجل).



شكل (ب – ٢) تحول مثلث إلى " منجل "

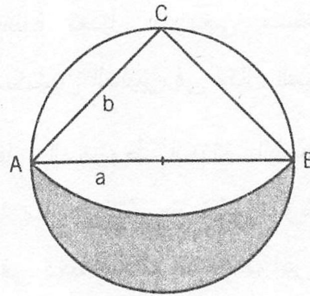
يتضمن النوع الثالث من تحولات ليوناردو التعديل التدريجى وليس تحريك شكل جامد، فمثلاً، تعديل مستطيل كما هو مبين فى شكل (ب – ٣)، ويمكن إثبات تساوى المساحتين بتقسيم المستطيل إلى شرائح رقيقة متوازية ثم دفع كل شريحة إلى موقع جديد، بحيث يتحول الجانبان الرأسيان إلى منحنيين.



شكل (ب – ٣) تعديل المستطيل

ويمكن تصوير هذه العملية بسهولة باستخدام مجموعة من ورق اللعب إلا أنه، لإثبات تساوى المساحتين بالضبط، يتطلب الأمر عمل شرائح متناهية الصغر واستخدام طرق حساب التكامل، وكما يشير ماتيلد ماكينو، يبين هذا المثال مرة أخرى أن طريقة ليوناردو فى تصور هذه الخرطنة والتحولات تبشر بمفاهيم ترتبط بتطور التفاضل والتكامل[٤].

وبالإضافة لهذه التحولات الأساسية الثلاثة، أجرى ليوناردو تجارب مستفيضة على نظرية هندسية تتضمن مثلثًا وشريحة على شكل هلال، والتى تسمى "هلالية أبو قراط" على اسم عالم الرياضة الإغريقى أبو قراط من تشيوس (Chios)، ولتصميم هذا الشكل نضع مثلثًا متساوى الساقين قائم الزاوية متماسا من الداخل مع دائرة نصف قطرها a ، ثم رسم قوس نصف قطره b حول النقطة، من A إلى B (انظر شكل ب –٤)، والشكل الهلالى موضع التساؤل هو المساحة المظللة التى يحدها القوسين الدائريين.



ص٢٦٩ شكل (ب – ٤) الشكل الهلالى لأبو قراط

وقد برهن أبو قراط من تشيوس (لا يجوز الخلط بينه وبين الطبيب الشهير أبو قراط من كوس) فى القرن الخامس قبل الميلاد، أن مساحة الهلال تساوى مساحة المثلث ABC، ويمكن التحقق من هذا التساوى المذهل بواسطة الهندسة الأولية، آخذين فى اعتبارنا أن نصفى قطر القوسين تربطهما علاقة نظرية فيثاغورس $b^2 = 2a^2$ ، وربما كان ليوناردو على علم بهلالية أبو قراط من الخلاصة الوافية لجورجيو فالا المنشورة فى فينسيا ١٥٠١، واستخدم كثيرًا هذا التساوى فى أشكال متنوعة.(٥)

وفى ملف مخطوطة مدريد II فى شكل(٧-٦) ص٢٦٣ ، رسم ليوناردو اسكتشات لسلسلة من التحولات متضمنة الأنواع الأساسية الثلاثة فى صفحة واحدة، كما لو كان قد أراد أن يسجل كتالوجا لتحولاته الأساسية، وفى أعلى الصفحة، هناك اسكتشات فى الهامش الأيمن من الصفحة، ويستعرض ليوناردو كيف لجزء من هرم أن يُقتطع ثم يعاد وصله على الجانب المقابل ليكون جامدًا منحنى الضلع، ويستخدم بشكل متكرر مصطلح "المعقوف كالمنجل" لمثل هذه الأهرامات والمنشورات، كما يفعل بالمثلثات منحنية الأضلاع، ويمكن كذلك الحصول على تلك الأشكال المعقوفة بعملية تعديل تدريجى مستمرة، أو "سريان"، والتى يستعرضها ليوناردو فى الاسكتشين التاليين فى مثال المخروط.

ويبين الاسكتش أسفل المخروط انحناء الأسطوانة بالمخروط المرسوم داخلها، ويبدو الشكل تقريبًا مثل اسكتش تشغيلى لورشة فلزات، والذى يبين أن ليوناردو كان دائمًا يحتفظ فى ذهنه بالأشياء والظواهر المادية عندما كان يتعامل مع تحولاته الهندسية، وبالفعل، تحتوى مخطوطة أتلانتيكاس ملفا مملوءًا بتعليمات حول تعديل قطع فلزية إلى أشكال متنوعة، وتحتوى هذه التحولات، من بين أشياء أخرى، على انحناء الأسطوانة، كما هو مبين هنا(٦).

ويمثل الاسكتشان الأخيران فى الهامش الأيمن أمثلة لما يسمى القص المتوازى، والذى يمتد إلى قصات دائرية فى الاسكتشات الثلاثة الموجودة فى منتصف الصفحة، وفى هذه الأمثلة تحولت الأشكال مستقيمة الأضلاع إلى لوالب، وفى هذه الحالة فإن الحفاظ على المسافة بعيد تمامًا عن الوضوح، وبالنسبة لليوناردو، يبدو أن العمليات الدائرية تشبه امتدادات مشروعة لتعديلاته الخطية، وبالفعل وكما بين ماتيلد ماكانيو بمساعدة حسابات التكامل الأولية، فإن حدس ليوناردو كان صحيحًا بشكل مطلق(٧).

ويبين الاسكتشان أسفل القصات الدائرية، فى النهاية، أمثلة "لتربيع" الأسطح المحدودة بمنحنيين متوازيين، وهناك تماثل مذهل بين هذه الأسطح والأسطح فى الاسكتشات الثلاثة الموجودة مباشرة فوقها؛ مما يقترح أن ليوناردو ربما اعتقد بالتقنيتين كنماذج بديلة للأسطح المربعة المحدودة بمنحنيات متوازية.

وكما ناقشنا من قبل، يمكن رؤية تحولات ليوناردو الهندسية للأشكال المسطحة والأجسام الجامدة، على أنها أشكال مبكرة للتحولات الطوبولوجية.(٨) قصر ليوناردو تلك التحولات على التحولات التى يتم الحفاظ فيها على المساحة أو الحجم، وأطلق على الأشكال المتحولة، مساوية للأشكال الأصلية، ويدعو الطوبولوجيون الأشكال المرتبطة بمثل هذه التحولات، والتى يتم الحفاظ فيها على الخواص الهندسية، متكافئة طوبولوجيا.

للطوبولوچيا الحديثة فرعان رئيسيان، يتداخلان بشكل معقول، وفى الفرع الأول، المعروف باسم point-set topology ينظر إلى الأشكال الهندسية على أنها تجميع لنقاط ، وينظر للتحولات الطوبولوجية على أنها خرطنة مستمرة لهذه النقاط، ويطلق على الفرع الثانى الطوبولوچيا التوافقية، الذى يتعامل مع الأشكال الهندسية على أنها اندماجات لأشكال أبسط يرتبط بعضها مع بعض فى شكل مرتب.

أجرى ليوناردو تجارب على كل من المنهجين، ويمكن للعمليات التى تظهر فى شكل (٧ -٦) أن ترى كلها كتعديلات مستمرة أو بدلا من ذلك، عملية خرطنة مستمرة، ومن جهة أخرى، فإن تحويله العبقرى لشكل ذى اثنى عشر وجهًا إلى مكعب (شكل ٧- ٥ ص٢٥٨) مثال جميل وتفصيلى للطوبولوچيا التوافقية.

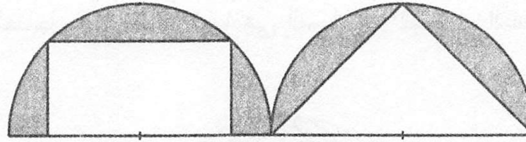
ومفهوم الاستمرارية، المحورى فى كل التحولات الطوبولوچية، لا بد أن يتعامل فى النهاية مع الخواص الأساسية الأصلية للفراغ والزمن، وحيث إن الطوبولوچيا ترى اليوم على أنها أساس عام للرياضات، وإطار مفاهيمى موجب لفرعها الكبير، رأى ليوناردو دافينشى مبكرًا فى القرن السادس عشر هندسة التحولات المستمرة بنفس الطريقة – كلفة أساسية رياضية، سمحت له باقتناص جوهر الأشكال الطبيعية دائمة التغير.

ويمثل الملف المزدوج فى مخطوطة أتلانتيكاس (ص ٢٦٧) ذروة اكتشافات ليوناردو للتحولات الطوبولوچية، وكان المقصود من هذه الرسومات كتابة رسالة شاملة اقترح لها عدة عناوين: رسالة عن الكمية المستمرة وكتاب عن المعادلات، وحول لعبة الهندسة.

تظهر الأشكال الموجودة على صفحتين تنوعا محيرًا من الأشكال الهندسية، المكونة من دوائر متقاطعة، ومثلثات، ومربعات، تبدو كتنويعات ترفيهية لأنساق نباتية، وأفكار مبهجة بشكل جمالى، بل اتضح أنها معادلات هندسية صارمة مبنية على مبادئ طوبولوچية.

ينقسم الملف المزدوج بالتساوى إلى تسعة خطوط أفقية، وضع عليها ليوناردو ترتيبًا منتظمًا من أشباه الدوائر (وفى الأخيرة الآن بعض الدوائر "مملوءة بتصميماته الهندسية.[٩] كانت دائمًا نقطة البداية لكل شكل دائرة بداخلها مربع مماس لها، ووفقا للطريقة التى تنقسم بها الدائرة إلى نصفين، يتم الحصول على شكلين أساسين متكافئين، بأحدهما مستطيل، وبالآخر مثلث داخل نصف الدائرة.

وحيث إن المساحة البيضاء فى الشكلين متساوية، فإن كلاهما يمثل نصف المربع المرسوم بداخل الدائرة، ولا بد بذلك أن تكون المساحتان المظللتان متساويتين، وكما يشرح ليوناردو فى النص المرفق، إذا أزال المرء أجزاء متساوية من أشكال متساوية لا بد أن يكون الباقى متساويًا.[١٠]

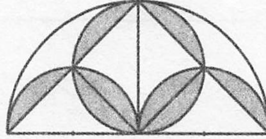


شكل (ب – ٥) الشكلان الأساسيان، من مخطوطة أتلانتيكاس ملف ٤٥٥ الصف ٣

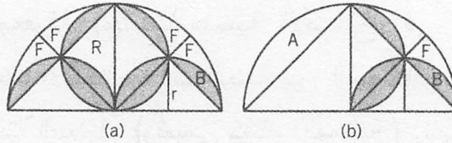
تملأ الشكلان بقطاعات مظللة من دوائر (مزدوجة الزوايا على شكل أوراق الزيتون) وأشكال معقوفة (مثلثات منحنية الأضلاع، فى تنوع من التصميمات الباهرة، وفى كل هذه الأشكال كانت النسبة بين المساحات المظللة (وتسمى كذلك "الفارغة") والمساحات البيضاء (وتسمى كذلك "الممتلئة") دائمًا ثابتة؛ لأن المساحات البيضاء – بصرف النظر عن عدد قطعها – دائمًا مساوية لنصف المربع الأصلى الموجود داخل الدائرة (المستطيل أو المثلث)، والمساحات المظللة مساوية للمساحات المظللة الأصلية خارج نصف المربع.

وهذه التساويات واضحة بأى شكل فإن النص أسفل كل شكل يحدد كيف يمكن لأجزاء الأشكال أن تمتلئ بنجاح (أى كيف يمكن تبادل الأشكال المظللة والأشكال البيضاء) حتى يمكن الحصول مرة ثانية على نصف المربع مستقيم الأضلاع الأصلى، ويصبح الشكل بذلك وقد "تربع" ويتكرر دائمًا نفس المبدأ "التربيع (الشكل)، املأ الأجزاء الخالية"[١١].

فى الشكل (ب-٦) قمت بانتقاء شكل معين من الملف المزدوج لتوضيح تقنية ليوناردو، وينص النص أسفل الشكل على "التربيع املأ المثلث بأربعة مناجل خارجة[١٢] وقد أعدت رسم الشكل فى أشكال A -٧ a ، و b لتوضيح هندستها، وداخل نصف الدائرة الأكبر ذات نصف القطر R ، قام ليوناردو بتشكيل ثمان شرائح مظللة B برسم أربعة أنصاف دوائر أصغر لها نصف القطر r= R/2 (انظر شكل ب- ٧ a)، والمناجل التى أشار إليها هى المساحات البيضاء المعلمة بالحرف F .



شكل (ب -٦) شكل عينة (رقم ٧ فى الصف ٧ ، مخطوطة أتلانتيكاس ملف ٤٥٥)

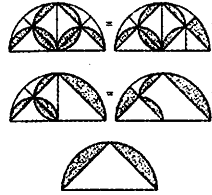


شكل (ب -٧) هندسة الشكل العينة

وبنصه على أن المساحات الأربع "الخالية" (المظللة) داخل المثلث، عليها أن تمتلئ بالمناجل الأربعة، يشير ليوناردو بأن المساحتين F ، B متساويتان، وهنا كيف كان يفكر، بما أنه كان يعرف أن مساحة الدائرة تتناسب مع مربع نصف قطرها،[١٣] استطاع أن يبين أن مساحة نصف الدائرة الكبيرة تساوى أربعة أضعاف مساحة كل نصف دائرة صغيرة، وبالتبعية مساحة الشريحة الكبيرة A أربعة أضعاف مساحة الشريحة الصغيرة B (انظر شكل ب -٧ b)، ويعنى ذلك

أنه، إذا طرحنا شريحتين صغيرتين من الشريحة الكبيرة، فإن مساحة الشكل المقوس الباقى (مكون من منجلين) سيصبح مساويا للمساحة المطروحة ومن ثم فإن مساحة المنجل F مساوية لمساحة الشريحة الصغيرة B .

وبالنسبة للأشكال الأخرى، يمكن لخطوات التربيع أن تكون أكثر تفصيلاً، لكن فى النهاية سيتم استرجاع الأشكال الأصلية دائمًا، وهذه "لعبة الهندسة" عند ليوناردو، ويمثل كل شكل معادلة هندسية أو بالأحرى طوبولوجية، وتصف التعليمات المرافقة كيف يمكن حل المعادلة لتربيع الشكل منحنى الأضلاع، ولهذا قدم ليوناردو عنوان "كتاب المعادلات" كعنوان بديل لرسالته، ويمكن تصوير الخطوات المتتالية محل المعادلات هندسيا كما هو مبين (مثلاً) فى الشكل ب –٨ (١٤)



شكل (ب – ٨) تربيع الشكل العينة

كان ليوناردو سعيدًا بالتنويعات اللا نهائية للمعادلات الطوبولوجية تمامًا مثل علماء الرياضة العرب فى القرون السابقة الذين فُتنوا باستكشاف التنويعات العريضة للمعادلات الجبرية، وأحيانًا كانت تحمسه كثيرا متعة جمال اسكتشات الأشكال الهندسية الخيالية، لكن المغزى الأعمق للعبة الهندسة لم يكن قط بعيدًا عن ذهنه، والعدد اللا نهائى من تنويعات الأشكال الهندسية، التى كانت فيها المساحة أو الحجم دائمًا يتم الحفاظ عليها، كانت تعنى التحولات التى لا تنفذ فى الأشكال الحية فى الطبيعة فى حدود كميات محدودة لا تتغير من المادة. .

الهوامش

تعود الاقتباسات من مخطوطات ليوناردو إلى الطبعات العلمية الواردة فى البيليوجرافيا، وقد أعدت ترجمة بعض المقاطع مع الاحتفاظ بالبقاء قدر الإمكان قريبا من النصوص الأصلية؛ حتى يمكن الاحتفاظ بالنكهة الليوناردية.

تمهيد

١. Kenneth Clark, Leonardo da Vinci, Penguin, 1989, p. 258

٢. نفسه

٣. Martin Kemp, "Leonardo Then and Now" in Kemp and Jane Roberts, eds., Leonardo da Vinci : Artist, Scientist, Inventor, Catalogue of Exhibition at Heward Gallery, Yale University Press, 1989

مقدمة

١. انظر ص ١٧٢.

٢. Tratto, chapter 19; "sensory awareness" هى ترجمتى لمصطلح ليوناردو "senso commune, والتى أناقشها فى ص ٣١٧

٣. مخطوطة Ashburnham II, folio 19v

٤. Trattato, chapter 6 and 12

٥. Codex Leicester, flio 34r

٦. Daniel Arasse, Leonardo da Vinci: The Rhythm of the World, Konecky & Konecky, New York, 1998, p. 80

٧. Fritjof Capra, The Web of Life, Doubleday, New York, 1996, p. 100

٨. من أجل تقرير تفصيلى عن تاريخ التفكير المنهجى وخواصه، انظر Capra (1996)

٩. نفسه ص ١١٢

١٠. انظر ص ٢٦٤

١١. انظر ص ٢٤٩

١٢. انظر ص ٣١١

١٣. انظر ص ٣٢١

١٤. Ms. A, folio 3r

١٥. Arasse (1998), p. 311

١٦. انظر ص ٢٨٩، ٢٩٠

١٧. Arasse (1998), p. 20.

١٨. Trattato, chapter 367

١٩. Irma Richter, ed. The Notebooks of Leonardo da Vinci, Oxford University Press, New York, 1952, p. 175

٢٠. انظر ص ٣٢٣

٢١. دراسات تشريحية، folio 153r

٢٢. انظر ص ٣٢٠

٢٣. انظر ص ٣٣٠

٢٤. دراسات تشريحية، folio 173r

الفصل الأول

١. Giorgio Vasari, Lives of the Artists, منشورة أصلا فى ١٥٥٠ ؛ ترجمة George Bull as Lives of the Artists, vol.1, Penguin, 1987

٢. Paolo Giovio, "The Life of Leonardo da Vinci," كتبت حوالى ١٥٢٧، ونشرت أول مرة فى ١٧٩٦، ترجمت من اللاتينية الأصلية بواسطة J.P.Richter, 1939 ، أعيد طباعتها فى Ludwig Goldscheider, Leonardo da Vinci, Phaidon, London, 1964, p.29

٣. Vasari (1550), pp. 13-14

٤. Serge Bramly, Leonardo, HarperCollins, New York, 1991, p.6.

٥. Anonimo Gaddiano, "Leonardo da Vinci" كتب حوالى ١٥٤٢؛ ترجمة Kate Steinitz and Ebria Feigenblatt, ١٩٤٩ ؛ أعيد طباعته فى Goldscheider (١٩٦٤)، PP.30-32 . كان هذا المخطوط، الموجود الآن فى المكتبة الوطنية بفلورنسا، كان فى السابق فى مكتبة جاديانو Gaddiana ، المكتبة الخاصة لأسرة جادى Gaddi

٦. Trattato, chapter 36

٧. Giorgio Nicodemi, "The Portrait of Leonardo" صورة
ليوناردو فى Leonardo da Vinci, Reynal, New York, 1956

٨. نفسه

٩. Clark (1989), p. 255

١٠. Trattato, chapter 50

١١. Ms. H, folio 60r

١٢. Bramly (1991), p. 342

١٣. Ms. Ashburnham II, folios 31r and 30v

١٤. انظر Arasse (1998), p. 430

١٥. انظر Martin Kemp, Leonardo da Vinci: The Marvellous Works of Nature and Man, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1981, p. 152

١٦. Bramly (1991), p . 115

١٧. Vasari (1550) ; ترجمة هذا المقطع بواسطة Daniel Arasse,
انظر Arasse (1998), p. 477

١٨. انظر مثلا Bramly (1991), p 119

١٩. انظر Michael White, Leonardo: The First Scientist, St. Martin's/Griffin, New York, 2000, pp. 132-33

٢٠. انظر Bramly (1991), p. 241

٢١. نفسه

٢٢. Charles Hope, "The Last 'Last Supper,'" New York Review of Books, August 9, 2001

٢٣. Kenneth Keele, Leonardo da Vinci's Elements of the Science of Man, Academic Press, New York, 1983 p. 365

٢٤. انظر Penelope Murray, ed., Genius: The History of an Idea, Basil Blackwell, New York, 1989

٢٥. مقتبسة بواسطة Wilfrid Mellers, "What is Musical Genius?"Murray (1989), p. 167

٢٦. انظر Andrew Steptoe, ed., Genius and the Mind, Oxford University Press, 1998

٢٧. انظر David Lykken, "The genetics of Genius," in Steptoe (1998)

٢٨. Kenneth Clark, مقتبسة بواسطة Sherwin B. Nuland, Leonardo da Vinci, Viking Penguin, New York,2000, p.4

٢٩. مقتبسة بواسطة Lykken in Steptoe (1998)

٣٠. مقتبسة بواسطة Bramly (1991), p. 281

٣١. مقتبسة بواسطة Richter (1952), p. 306

٣٢. Murray (1989), p. 1

الفصل الثانى

١. انظر Jacob Burckhardt, The Civilization of the Renaissance in Italy, نشرت الطبعة الألمانية الأصلية فى ١٨٦٠ ، Modern Library, New York, 2002

٢. انظر Bramly (1991), p. 100

٣. Trattato, chapter 79

٤. انظر Robert Richards, The Romantic Conception of Life, University of Chicago Press, 2002

٥. انظر Fritjof Capra, Uncommon Wisdom, Simon & Schuster, New York , 1988, p. 71

٦. Trattato, chapter 42

٧. نفسه chapter 33

٨. نفسه chapter 13

٩. Kemp (1981), p. 161

١٠. Trattato, chapter 68

١١. دراسات تشريحية ، folio 50v

١٢. انظر Fritjof Capra, The Hidden Connection, Doubleday, New York, 2002, p. 119

١٣. انظر Penny Sparke, Design and Culture in thr Twenties Century, Allen & Unwin, London, 1986

١٤. Codex Atlanticus, folio 323r

١٥. Trattato, chapter 23

١٦. Clark (1989), p.63

١٧. انظر Arasse (1998), p. 274

١٨. مقتبسة بواسطة Arasse (1998), p. 275

١٩. دراسات تشريحية folio 139v .

٢٠. Arasse (1998), p. 202

٢١. نفسه p. 283

٢٢. Kemp (1981), p. 56

٢٣. Arasse (1998), p. 284

٢٤. انظر Capra (2002), pp. 13-14 and p. 116

٢٥. انظر Claire Farago, "كيف رتب محررو ليوناردو دا فينشي رسالته عن فن الرسم، وكيف كان ليوناردو سيفعل ذلك بطريقة مختلفة" في Lyle Massey, ed. ، رسالة عن المنظور : منشورة وغير منشورة، الجاليرى القومى للفنون، واشنطن، توزيع دار نشر جامعة ييل، ٢٠٠٣.

٢٦. انظر Claire Farago, نموذج ليوناردو دا فينشي: شرح نقدى وطبعة جديدة من النص في Codex Urbinas, E.J.Brill, Leiden, 1992

٢٧. Trattato, chapters 14, 19

٢٨. نفسه، chapter 29

٢٩. نفسه Chapters 38, 41

30. انظر Bram Kempers, ، القوة والحماية، Allen Lane, London, 1992; Steptoe (1998), p. 255.

٣١. انظر Arasse (1998), p. 293

Arasse (1998), p. 293

٣٢. انظر ص ١٦، ١٧

٣٣. Clark (19890, P. 167

٣٤. Kemp (1981), p. 97

٣٥. Trattato, chapter 412

٣٦. Clark (1989), p. 129. فى تاريخ الفن بإيطاليا يعرف القرن الخامس عشر بالمئوية الرابعة quatrocento ، والقرن السادس عشر بالمئوية الخامسة cinquecento وهكذا.

٣٧. Trattato, chapter 124

٣٨. انظر ص ٢٣ .

٣٩. انظر ص ٢٧١ .

٤٠. هذه المذكرات موجودة فى المخطوطة C and Ashburnham II

٤١. Kemp (1981), p.98

٤٢. انظر Bramly (1991), pp. 101-2

٤٣. نفسه ص ١٠٦

٤٤. انظر Kemp (1981), pp.94-96

٤٥. انظر Ann Pizzorusso, "Leonardo's Geology: The Authenticity of the Virgin of the Rocks," Leonardo, vol. 29, no 3 , pp. 197 -200, MIT Press, 1996.

٤٦. انظر William Emboden, Leonardo da Vinci on Plants and Gardens, Dioscorides Press, Portland, Ore., 1987, p. 125

٤٧. Trattato, chapter 38

٤٨. Bramly (1991), p. 228

٤٩. تمثال الفارس الرومانى للملك القوطى أودوسر لم يعد موجودا، تحطم التمثال فى القرن الثامن عشر، انظر Bramly (1991), p. 232

٥٠. Codex Atlanticus, folio 399r

٥١. فقدت هذه الرسالة التى أشار إليها كل من Vasari and Lomazzo

٥٢. Kemp (1981), p. 205

٥٣. Codex Madrid II, folio 157v

٥٤. انظر Bramly (1991), pp. 234-35

٥٥. Codex Atlanticus, folio914ar

٥٦. Bramly (1991), p. 250

٥٧. انظر ص ٥٧، ٥٨

٥٨. إننى ممتن للمصممة ماجدالينا .E كورفين لإلقاء الضوء على المناقشات والمراسلات حول طبيعة التصميم.

٥٩. انظر Bramly (1991), p. 232

٦٠. انظر Clark (1989), p. 139

٦١. انظر Bramly (1991), p. 219

٦٢. Codex Atlanticus, folio21t

٦٣. انظر Bramly (1991), p. 272

٦٤. انظر Pierre Sergescu, "Leonardo de Vinci et les mathematiques,"cited in Arasse (1998), p. 65

٦٥. انظر Kemp (1981), p. 88

٦٦. انظر Paolo Galluzzi, Renaissance Engineers, Guinti, Florence, 1996, p. 187

٦٧. Clark (1989), p. 110

٦٨. ميراث ليوناردو، ندوة دولية Ludwig H. Heydenreich, "Leonardo and Bramante: Genius in Architecture," in C.D.O'Malley, ed. University of California press, Berkeley and Los Angeles,1969; Carlo Pedretti, Architect, Rizzoli, New , Berkeley and Los Angeles,1969; Carlo Pedretti, Architect, Rizzoli, New York, 1985

٦٩. انظر Pederetti (1985) من أجل تقرير شامل عن أعمال ليوناردو المعمارية، انظر أيضا Jean Guillaume, "Leanardo et lárchitecture"in Paolo Galluzzi and Lean Guillaume, eds., Leonardo de Vinci: ingenieur et architecte, متحف دى-بو – الفنون فى مونتريال، ١٩٨٧

٧٠. Arasse (1998), p.173

٧١. Hydenreich (1969)

٧٢. Arasse (1998), pp. 179-80 ، ماناريزم Mannerism أسلوب فى الفن والعمارة تطور فى أواخر القرن السادس عشر، وكان يتميز بعدم التناسق والرشاقة، الأشكال المطولة

٧٣. Kemp (1981), p. 110

٧٤. انظر مثلا White (2000), p. 124

٧٥. Codex Atlanticus, folio 730r

٧٦. انظر Guillaume (1987), انظر أيضا Arasse (1998), pp. 165-68

٧٧. دراسات تشريحية folio 97r

٧٨. Emboden (1987)

٧٩. Ms. B, folio 38r

٨٠. Codex Atlanticus, 184v

٨١. Ms. Folio 16r, انظر أيضا Guillaume (1987)

٨٢. Nuland (2000), p. 53

٨٣. انظر Bramly (1991), pp. 402-3

٨٤. انظر المؤسسة الدولية للمدن الصحية، www.healthycities.org

٨٥. Arasse (1998), p. 152

٨٦. نفسه ص ٢٣٣

٨٧. نفسه ص ٢٣٩-٤٠

٨٨. انظر Kate Steinitz, "le dessin de Leonard de Vinci pour la representation de la Danae de Baldassare Taccone," in Jean Jacquot, ed., Le Lieu theatral a la Renaissance, Paris, 1968

٨٩. انظر Arasse (1998), p. 239

٩٠. انظر Bramly (1991), p. 301

٩١. انظر Kemp (1981), p. 182., من أجل الوصف التفصيلى للعمارة المقوسة وتصميمات ليوناردو المشابهة.

٩٢. انظر Arasse (1998), p. 138

٩٣. مقتبسة فى Fritjof Capra, نقطة التحول Simon & Schuster, New York, 1982, p. 68

الفصل الثالث

١. انظر مثلاً، Ludwig H. Heydenreich, Leonardo da Vinci, 2 vols., Macmillan, New Heydenreich, Leonardo da Vinci, 2 vols., Macmillan, New ork, 1954; Clark (1989); Bramly (1991)

٢. "Ser" هى اللقب التقليدى للموثق أو كاتب العدل

٣. Codex Atlanticus, folio 888r

٤. انظر Arasse (1998), pp. 108-9

٥. نفسه ص ٣٩

٦. Codex Atlanticus, folio 327v

٧. انظر ص ١٥٥

٨. انظر Bramly (1991), p. 53

٩. انظر Arasse (1998), p. 502 n 71

١٠. كان Vassari على الأرجح يبالغ عندما دعى Verrochio "صديقا حميما" لـ Ser Piero ، فإنه على الأرجح كان الموثق يعرف الفنان؛ لأن الكثيرين من عملائه كانوا من أنصار الفنون.

١١. Barmly (1991), pp. 65-66

١٢. نفسه ص ٦٧-٦٩

١٣. Domenico Laurenza, “Leonardo: La scienza transfigurata in arte,”Le Scienza , Rome, maggio 2004a, p. 6

١٤. انظر Arasse (1998), p. 54

١٥. انظر Bramly (1991), pp. 71072; Carlo Pedretti, Leonardo: The Machines, Guinti, Florence, 1999, p. 16

١٦. انظر Laurenza (2004a), p. 7

١٧. Ms. G. folio 84v

١٨. انظر Jane Roberts, "حياة ليوناردو" في Martin Kemp and Jane Roberts, ed., ليوناردو دا فينشي: الفنان والعالم والمخترع، كتالوج المعروضات في جاليري Hayward, Yale University Press, 1989

١٩. انظر Keele (1983), p. 9

٢٠. انظر Domenico Laurenza, ليوناردو طائرا Guini, Florence, 2004b, p. 16

٢١. انظر Keele (1983), p. 9

٢٢. انظر Martin Kemp, Leonardo, Oxford University Press, 2004, pp. 13-14

٢٣. انظر Bramly (1991), p. 144

٢٤. Clark (1989), p. 59

٢٥. انظر Bramly (1991), p. 156

٢٦. نفسه ص ٩١

٢٧. نفسه ص ١٥٧؛ انظر أيضا White (2000), p. 83

٢٨. انظر White (2000), p. 81

٢٩. انظر Pedretti (1999), p. 16

٣٠. انظر Keele (1983),pp. 9-11

٣١. انظر Arasse (1998), pp. 350-61

٣٢. Clark (1989), pp. 74-75

٣٣. انظر ص ٤٠

٣٤. انظر Clark (1989), p. 78

٣٥. Roberts (1989)

٣٦. Arasse (1998),

٣٧. Anonimo Gaddiano (1542)

٣٨. كان اللقب الرسمي لـــ Ludovico هو دوق ميلانو، ومثل الحكام الأقوياء من عصر النهضة، كان عادة ما يشار إليهم بلقب أمير Prince

٣٩. انظر Pedretti (1999), p. 32

٤٠. انظر Bramly (1991), p. 158

٤١. انظر ص ٤٥

٤٢. Codex Atlanticus, folio 1082r

٤٣. انظر Clark (1989), p. 83

٤٤. Keele (1983), p. 11

٤٥. انظر Bramly (1991), pp. 183-84

٤٦. انظر ص ٦٧

٤٧. انظر Kemp (1981), pp. 93-94

٤٨. لمقارنة اللوحتين، على أساس تحليل جيولوجيا ليوناردو، انظر Pizzorusso (1996) ، أما بالنسبة للتحليل النباتى المقابل، انظر Emboden (1987), p. 125

٤٩. Clark (1989), p. 93

٥٠. انظر ص ٨٣

٥١. Laurenza (2004a), p23

٥٢. انظر Arasse (1998), p. 43

٥٣. انظر Keele (1983), p. 20

٥٤. انظر Laurenza (2004a), p24

٥٥. Codex Atlanticus, folio 888r

٥٦. . انظر Arasse (1998), p37

٥٧. انظر Emboden (1987), p. 21 ; Kemp (2004), pp. 165-66

٥٨. Clark (1989), p129

٥٩. انظر ص ٣١٤

٦٠. Laurenza (2004a), p27

٦١. انظر Guillaume (1987)

٦٢. انظر ص ٨٢

٦٣. انظر Bramly (1991), p192

٦٤. انظر Heydereich (1969)

٦٥. انظر Arasse (1998), p39

٦٦. انظر ص ٧٢

٦٧. انظر White (2000), pp. 127-28

الفصل الرابع

١. انظر Kemp (2004), pp. 38-40

٢. انظر Keele (1983), p. 22

٣. نفسه ص ٢٢

٤. انظر Keele (1983), p. 22; كان Fazio Cardano هو والد عالم الرياضيات الشهير Girolamo Cardano, مؤسس نظرية الاحتمالات.

٥. انظر Laurenza (2004b), p. 40

٦. انظر Ladislao Reti, ed., The Unknown Leonardo, McGraw-Hill, New York, 1974, pp. 272-73

٧. انظر Kemp (1981), p. 194

٨. مقتبسة فى Richter (1952), p. 322

٩. انظر ص ٢٥٣

١٠. لمناقشة المقطع الذهبى وعلاقته بأشكال جوامد أفلاطون، انظر Mario Livio, The Golden Ratio, Broadway Books, New York, 2002

١١. Luca Pacioli, De divina proportione, Paganinum de Paganinis, Venice, 1509, fascsimile edition of the ms. in the Biblioteca Ambrosiana di Milano published by Fontes Ambrosiani XXXi, G. Biggiogero and F. Riva, eds., Milan, 1966

١٢. انظر ص ٤٩

١٣. انظر Bramly (1991), pp. 294-95

١٤. Clark (1989), p. 146

١٥. انظر Hope (2001)

١٦. Clark (1989), p. 149

١٧. البورتريه الموجود الآن فى اللوفر، معروف كذلك باسم La Belle Ferroniere

١٨. انظر ص ٨٧

١٩. انظر Codex Leicester, folio 4r

٢٠. انظر ص ٣٧

٢١. انظر Bramly (1991), p.308

٢٢. انظر ص ٧٥

٢٣. أعاد لودوفيكو امتلاك ميلانو لفترة قصيرة فى ١٥٠٠ قبل أن يقع فى الأسر ويؤخذ إلى فرنسا؛ حيث ظل هناك حتى وفاته فى ١٥٠٨

٢٤. انظر Keele (1983), p. 25

٢٥. انظر Bramly (1991), p.307

٢٦. انظر Arasse (1998), p. 210

٢٧. نفسه ص ٤١٧

٢٨. Kemp (19810, p. 218

٢٩. انظر Bramly (1991), p.310

٣٠. الرسم موجود فى اللوفر الآن، انظر Arasse (1998), p. 398

٣١. انظر Codex Atlanticus, folio 638vd

٣٢. انظر Keele (1983), pp. 28-29

٣٣. انظر أيضا ص ٣٩

٣٤. Codex Leicester, folio 22v

٣٥. انظر Keele (1983), p. 28-

٣٦. هذه الغرف ذات اللوحات الجصية الباهتة على حوائطها، ربما أمكن التعرف عليها حديثا فى مبنى بمركز فلورنسا، انظر International Herald Tribune, ١٩ يناير ٢٠٠٥

٣٧. انظر Arasse (1998), p. 448

٣٨. انظر White (2000) pp. 208-9

٣٩. انظر Keele (1983), pp. 30-32

٤٠. انظر Bramly (1991),pp.330-31

٤١. نفسه ص ٣٣٢

٤٢. Codex Arundel, folio 272r

٤٣. نفسه ص ٢٣

٤٤. Codex Forster I, folio 3r

٤٥. انظر ص ٢٦٤

٤٦. انظر Laurenza (2004b)

٤٧. نفسه ص ٩٦

٤٨. انظر Bramly (1991),pp.348-49

٤٩. انظر Emboden (1987), pp. 62-65

٥٠. انظر ص ٣٥

٥١. انظر kemp (1981), p. 270

٥٢. انظر Bramly (1991),pp.356-58

٥٣. هذه المجموعة البرونزية، يوحنا المعمدان يعظ اللاوى والمنافق (الفريسى)، ما زال من الممكن رؤيتها فوق الباب الشمالى للمعمودية، وتبدو التماثيل بالحجم الطبيعى وهى تظهر سمات ليوناردية.

٥٤. Codex Arundel, folio 1r

٥٥. دراسات تشريحية ، folio 154r

٥٦. نفسه، folio 113r

٥٧. نفسه، folio 69v

٥٨. انظر Keele (1983), pp. 321-22

٥٩. انظر Farago (2003)

٦٠. انظر Emboden (1987), p. 24

٦١. انظر Bramly (1991),pp.370-71

٦٢. انظر Laurenza (2004a), p. 87

٦٣. انظر Emboden (1987), pp.65-68

٦٤. انظر ص ٣٥

٦٥. انظر Bramly (1991),pp.385-86

٦٦. انظر ص ٣٢٤

٦٧. اعتقد المؤرخون طويلا أن التشريح قد أدخل ليوناردو فى مشاكل مع البابا، فإن دومنيكو لاورينزا قد سجل ووثق أنه لم تكن هناك موانع دينية أو أخلاقية ضد التشريح فى إيطاليا فى ذلك الوقت، ووفقا للاورينزا كان الصدام بين وجهة نظر ليوناردو الأرسطية عن النفس، ووجهة نظر لوى العاشر التومستية فى أساس التحريم البابوى، انظر Domenico Laurenza, "Leonardo nella Roma di Leone,"XLIII Lettura Vinciana, Biblioteca Leonardiana, Vinci, 2003

٦٨. انظر Bramly (1991),pp.384-85

٦٩. انظر ص ٤٠

٧٠. الرسومات والأوراق (الأبحاث) المتنوعة، vol. 1, folio 67r

٧١. فقدت Leda أو دمرت فى أوائل القرن الثامن عشر، انظر Bramly (1991),p.465vn. 49

٧٢. Arasse (1998), p. 462

٧٣. Trattato, Chapter 25

٧٤. انظر Bramly (1991),p.397

٧٥. انظر Arasse (1998), p. 152

٧٦. انظر Bramly (1991),p.398

٧٧. نفسه ص ٣٩٩

٧٨. مقتبسة فى Kemp (1981), p. 349

٧٩. مقتبسة فى Bramly (1991), p. 400

٨٠. انظر ص ٦١

٨١. مقتبسة فى Bramly (1991), p. 400

٨٢. انظر Keele (1983), p. 41

٨٣. انظر ص ١٦، ١٧

٨٤. انظر ص ٢٥٣

٨٥. دراسات تشريحية، folio 113r

٨٦. Codex Atlanticus, folio 673r

٨٧. انظر ص ٨٣-٨٤

88. انظر Keele (1983), p. 40

٨٩. انظر ص ٨٣-٨٤

٩٠. Codex Trivulzianus, folio 27r

٩١. انظر Bramly (1991),pp.406-7

٩٢. مقتبسة فى Bramly (1991), pp. 411-12

٩٣. انظر Carlo Pedretti and Marco Cianchi, Leonardo: I codici, Giunti, Florence, 1995; انظر أيضا Bramly (1991), p. 417

٩٤. انظر Reti (1974)

الفصل الخامس

١. Thomas Kuhn, بنية الثورات العلمية University of Chicago Press, 1962 ، انظر أيضا Capra (1996), p.5

٢. انظر مثلا George Sarton ، تقدير العلم القديم وعلم العصور الوسطى أثناء عصر النهضة University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1955; Marie Boas عصر النهضة العلمى ، Harper & Brothers, New York, 1962

٣. "الإمبراطورية البيزنطية" مصطلح يستخدم عموما للإشارة إلى الإمبراطورية الرومانية الشرقية التى تتحدث اليونانية أثناء العصور الوسطى، كانت عاصمتها القسطنطينية، وهى إسطنبول اليوم

٤. انظر Karen Armstrong, الإسلام، قصة قصيرة، Modern Library, New York, 2000, pp. 5-6

٥. انظر ص ١٦١

٦. انظر Sarton (1955), p. 4

٧. انظر Pedretti (1999), p. 83

٨. نفسه ص ٩١

٩. انظر ص ٦١

١٠. دراسات تشريحية، folio 139v

١١. انظر George Sarton, "البحث عن الحقيقة: تقرير موجز حول التقدم العلمى أثناء عصر النهضة." فى Robert M. Palter, ed., نحو علم حديث، الجزء الثانى، Noonday Press, New York, 1961

١٢. انظر ص ١٣١

١٣. انظر Kemp (1981), pp. 159-60

١٤. انظر Fritjof Capra, The Tao of Physics, Shambhala, Berkeley, 1875; 25th Anniversary Edition by Shambhala, aaaaaaaaboston, 2000, pp. 55-56

١٥. انظر Capra (1996), p. 18

١٦. انظر Wilhelm Windelband, تاريخ الفلسفة، منشور أصلا فى ١٩٠١ بواسطة Macmillan; reprinted by The Paper Tiger, Cresskill, N.J., 2001, p. 149

١٧. انظر ص ٣١٨

١٨. انظر ص ٢٨٦

١٩. انظر مثلا ص ٢٥٣

٢٠. Sarton (1955), p. 171

٢١. الأعداد الصماء مثلا الجذور التربيعية لا يمكن التعبير عنها كنسب، أو كسور بسطها ومقامها أعداد صحيحة

٢٢. Al Jabr الجبر يشير إلى عملية اختزال أعداد من كميات رياضية مجهولة بواسطة ربطها معا فى معادلات.

٢٣. انظر Capra (1996), p. 114

٢٤. انظر Sarton (1955), p. 52

٢٥. انظر Capra (1982), p. 306

٢٦. نفسه ص ٣١١

٢٧. انظر Sarton (1955), p. 7

٢٨. نفسه ص ١٦٩-٧٠

٢٩. دراسات تشريحية ، folio 136r

٣٠. انظر Boas (1962), p. 131

٣١. انظر ص ١١٧

٣٢. انظر ص ١٢٨

٣٣. انظر Kemp (1981), p. 323

٣٤. انظر Emboden (1987), p. 141

٣٥. انظر ص ١٥٧

الفصل السادس

١. انظر مثلا Kuhn (1962)

٢. مقتبسة فى Capra (1982), p. 101

٣. من أجل الأعمال الكلاسيكية حول دراسة وثائق ليوناردو القديمة، انظر Gerolamo Calvi, I manoscritti di Leonardo da Vinci dal punto di vista cronologico storico e biografico, Bramante, Busto Arsizio, 1982, نشرت أول مرة فى ١٩٢٥، وأعيد نشرها فى ١٩٨٢ مع تقديم بواسطة Augusto Marinoni

٤. قائمة بالطبعات العلمية لمذكرات ليوناردو موجودة فى البيبليوجرافيا على الصفحات ٣٩١ - ٣٩٣

٥. Codex Trivulzianus, folio 20v

٦. Codex Forster, folio 14r

٧. Trattato, chapter 33

٨. Codex Atlanticus, folio 323r

٩. نفسه folio 534v

١٠. Ms. E, folio 55r

١١. انظر ص ١٦ و ٥٩

١٢. Clark (1989), p. 255.

١٣. E.H.Gombrich, مقدمة لـ "Leonardo da Vinci: Artist, Scientist, Inventor", كتالوج العرض فى جاليرى Hayward, Yale University Press, 1989

١٤. Ms. A, folio 47r, and Ms. M, folio 57r, انظر أيضا Keele (1983), pp. 132-33

١٥. انظر Keele (1983), pp. 136-37

١٦. نفسه ص ١٤١

١٧. انظر Codex Atlanticus, folio 1b

١٨. انظر Keele (1983), p. 135

١٩. دراسات تشريحية، folio 104r

٢٠. Nuland (2000), p. 131

٢١. Keele (1983), pp. 244-45

٢٢. نفسه ص ٣٠١

٢٣. انظر Enzo Macagno, "Lagrangian and Eulerian Descriptions in the Flow Studies of Leonardo da Vinci," Raccolta Vinciana , Fasc. XXIV, 1992a

٢٤. انظر ص ١١٧

٢٥. انظر Augusto Marinoni, Introduction to Leonardo da Vinci,
Il codice atlantico della Biblioteca ambrosiana di Milano, vol. 1, pp. 18-25, Guinti, Florence, 1975

٢٦. انظر Capra (1996), p. 18

٢٧. نفسه ص ٢٢

٢٨. Codex Atlanticus, folio 1067

٢٩. انظر Capra (1982)

Capra (1982)

٣٠. انظر Frank Zolner and Johannes Nathan, Leonardo da Vinci:
The Complete Paintings and Drawings, Taschen, 2003, pp. 384-99

٣١. انظر Keele (1983), p. 142

٣٢. Trattato , Chapter 501

٣٣. انظر Bramly (1991), p. 257

٣٤. دراسات تشريحية، folio 69v

٣٥. انظر مثلا Martin Kemp (1999), "Analogy and Observation in the Codex Hammer," in Claire Fargo, ed., Leonardo's Science and Technology, Garland Publishing, New York, 1999, Arasse (1998), p. 74

٣٦. Arasse (1998), p. 19

٣٧. Ms. C, folio 26v

٣٨. انظر Capra (1982) p. 169

٣٩. Codex Atlanticus, folio 813

٤٠. نفسه folio 508v

٤١. انظر ص ٧٠، وانظر أيضا Stephen Jay Gould, "الحفريات الصاعدة المتحركة فى أرض ليوناردو الحية" فى Stephen Jay Gould, Leonardo's Mountain of Clams and the Diet of Worms, Harmony Books, New York, 1998

٤٢. Codex Arundal, folio 172v

٤٣. انظر ص ٧٠

٤٤. انظر Emboden (1987), p. 163

٤٥. انظر Keele (1983), p. 316

٤٦. أنظر Emboden (1987), p. 171

٤٧. Trattato , Chapter 21

٤٨. انظر ص ٢٧

٤٩. دراسات تشريحية، folio 153r

٥٠. Codex sul volo, folio 3r

٥١. انظر Marshall Clagett, "Leonardo da Vinci: Mechanics" in Fargo (1999)

٥٢. Codex Atlanticus, folio 481

٥٣. انظر Clagett (1999)

٥٤. انظر ص ٥٩

٥٥. انظر Pedretti (1999), وانظر أيضا Domenico Laurenza, Mario Taddei, and Edoardo Zanon, Le Machine di Leonardo, Guinti, Florence, 2005

٥٦. انظر مثلا Kemp and Roberts (1989), pp. 218-41

٥٧. انظر ص ٢٣٣

٥٨. من أجل الوصف التفصيلى للغرض من هذه الآلة ووظيفتها انظر Bern Dibner, "ليوناردو نبى الأتمتة" فى O'Malley (1969)

٥٩. انظر مثلا Kemp (1989), p. 227

٦٠. من أجل الوصف التفصيلى لهذه الآلة انظر Dibner (1969)

٦١. Codex Forster II, folios 86r and 87r

٦٢. Codex Madrid I, cover

٦٣. نفسه، folio 95r

٦٤. Codex Leicester, folio 25r

٦٥. Ms. E, folio 54r

٦٦. من أجل تقرير شامل عن دراسات ليوناردو فى الطيران، انظر Laurenza (2004b)

٦٧. انظر ص ١٢٣

٦٨. Codex Atlanticus, folio 1058v

٦٩. فى صياغة نيوتن، ينص القانون على "لكل فعل رد فعل مساو له ومضاد فى الاتجاه"

٧٠. Laurenza (2004b), p. 44

٧١. انظر Kemp and Roberts (1989)

٧٢. انظر ص ١٤٩

٧٣. Codex sul volo, folio 16r

٧٤. انظر Kemp (2004), pp. 127-29

٧٥. Kemp (1989), p. 239

٧٦. Kenneth Keele, ليوناردو دا فينشي عن حركة القلب والدم، Lippincot, Philadelphia, 1952, p. 122

٧٧. دراسات تشريحية، folio 81v

٧٨. نفسه folio 198v

٧٩. Nuland (2000), p. 161

٨٠. Ms. I, folio 18r

٨١. Clark (1989), p. 250

الفصل السابع

١. Ms. G, folio 96v

٢. دراسات تشريحية، folio 116r

٣. انظر ص ١٩٤، ١٩٥

٤. انظر ص ٦٧

٥. انظر ص ٣٠٣

٦. مقتبسة فى Capra (1982), p. 55

٧. المتوالية الحسابية هى تسلسل للأعداد بحيث يكون الفرق بين الأعداد المتجاورة ثابتا، فمثلا التسلسل ١، ٣، ٥، ٧ ... متوالية حسابية بفارق ثابت مشترك ٢، والدوال علاقات بين أعداد مجهولة متغيرة أو "متغيرات" يرمز لها بحروف، فمثلا فى المعادلة $y=2x+1$ يقال: إن المتغير y دالة من x . وفى الدوال الخطية مثل التى فى هذا المثال، تكون المتغيرات مرفوعة للأس ١، والأشكال التى تقابل هذه الدوال خطوط مستقيمة، ومن هنا المصطلح "خطية"، والمتواليات الحسابية حالات خاصة من الدوال الخطية، والتى فيها المتغيرات أعداد غير متصلة، ولذا ففى المثال المذكور أعلاه تصبح للمعادلة $y=2x+1$ التسلسل ١، ٣، ٥، ٧... إذا كانت x أعدادا صحيحة موجبة.

٨. Ms. A, folio 10r; انظر أيضا ص ٢٧٣. لا بد من ملاحظة أنه مثل الكثيرين من كتاب العصور الوسطى وعصر النهضة، يستخدم ليوناردو كلمة "هرم" ليصف كل الجوامد التى لها قواعد منتظمة أو غير منتظمة وقمة واحدة، بما فى ذلك المخروطات؛ انظر Keele (1983), p. 153

٩. Ms. M, folio 59v

١٠. نفسه

١١. Ms. M, folio 45r

١٢. انظر Keele (1983), pp. 113-14

١٣. انظر Morris Kline, الفكر الرياضى من القدم وحتى العصور الحديثة Mathematical Thought from Ancient to Modern Times, Oxford University Press, New York, 1972, p. 38

١٤. Keele (1983), p. 157

١٥. انظر E.H.Gombrich, "The Form of Movement in Water and Air شكل الحركة فى الماء والهواء"، in O'Malley (1969)

١٦. انظر ص ٦١

١٧. Arasse (1998), p. 271

١٨. انظر صص ١٢٤ و ١٢٨

١٩. Clark (1989), p. 38

٢٠. Codex Madrid II, folio 67r

٢١. تتناول نظرية الدوال العلاقات بين الأعداد المستمرة فى التغير، أو المتغيرات، وحساب التفاضل فرع من الرياضيات الحديثة يستخدم لحساب معدل تغير دالة بالنسبة للمتغير الذى تعتمد عليه.

٢٢. Codex Arundel, folios 190v and 266r

٢٣. من مذكرات Paul Klee (1961) مقتبسة فى Francis Ching, Architecture Form, Space, and Order الشكل المعمارى والفراغ والترتيب، الطبعة الثانية، John Wiley, New York, 1996, p.1

٢٤. Codex Arundel, folio 190v

٢٥. Matilde Macagno, الهندسة أثناء الحركة فى مخطوطات ليوناردو دا فينشى Geometry in Motion in the Manuscripts of Leonardo da Vinci," Raccolta Vinciana, Fasc. XXIV, 1992b, و"الهندسة التحويلية فى مخطوطات ليوناردو دا فينشى، Transformation Geometry in the Manuscripts of Leonardo da Vinci", Raccolta Vinciana, Fasc. XXVI, 1995

٢٦. Codex Madrid II, folio 107r

٢٧. انظر Kline (1972), p. 340

٢٨. Ms. M, folio 66v

٢٩. انظر Keele (1983), p. 276

٣٠. Codex Atlanticus, folio 781ar

٣١. انظر ص ١٤٧

٣٢. Codex Forster I, folio 3r

٣٣. Codex Madrid II, folio 72r

٣٤. نفسه، folio 112r

٣٥. دراسات تشريحية folio 121r

٣٦. Codex Atlanticus, folio 124v

٣٧. Ms. G, folio 96r

٣٨. انظر Macagno (1995)

٣٩. نفسه

٤٠. انظر Kline (1972), p. 349

٤١. من أجل مناقشات تفصيلية لأنواع ليوناردو الأساسية الثلاثة من التحويلات منحنية الخطوط، انظر الملحق ص ٣٣٧ - ٣٣٩

٤٢. من أجل مناقشة أكثر تفصيلا للتحولات المرسومة فى هذا الملف، انظر الملحق ص ٣٤٠-٣٤٢

٤٣. Kemp (1981), p. 253

٤٤. Kline (1972), p. 1158

٤٥. نفسه ص ١١٧٠

٤٦. انظر ص ٨٥-٨٦

٤٧. انظر Pedretti (1985), p. 296

٤٨. انظر ص ٧٩-٨٠

٤٩. انظر Arasse (1998), p. 212

٥٠. انظر ص ١٦٣

٥١. Codex Atlanticus, folio 455; انظر أيضا Arasse (1998), pp. 122-23

٥٢. Clark (1989), p. 39

٥٣. انظر الملحق ص ٣٤١-٣٤٤

٥٤. اليوم قد نستطيع تحديد هذا التأكيد بالقول بأن العلاقات السببية فى الطبيعة يمكن تمثيلها بنماذج رياضية تقريبية.

٥٥. Codex Forster III, folio 43v

٥٦. انظر Capra (1996), p. 128

الفصل الثامن

١.انظر ص ٢٠٨

٢. انظر George Lakoff and Mark Johnson, Philosophy in the Flash, Basic Books, New York, 1999, p. 94; انظر أيضا ص ٣٢١ فى المتن الحالى

٣. Codex Trivulzianus, folio 20v

٤. انظر صص ١١١ و ١١٥

٥. انظر ص ١٢٤

٦. الرسالة حول المنظور موجودة ضمن Ms. A, folios 36-42 ؛ وأشكال البصريات الهندسية فى المخطوطة A and C

٧. انظر ص ٦٧

٨. James Ackerman, "العلم والفن فى أعمال ليوناردو Science and Art in the Work of Leonard, " فى O'Malley (1969)

٩. Ms. A, folio 1v

١٠. Ms. A, folio 10r ، وكما سبقت الإشارة إليه، فإن ليوناردو، مثل الكثيرين من معاصريه، استخدم كلمة "هرم" ليصف كذلك المخروطات والجوامد الأخرى التى لها قمة منفردة، انظر ص ٢٤٧ هامش رقم ٨

١١. Ms. A, folio 1v

١٢. انظر Keele (1983), p. 46

١٣. Ms. Ashburnham II, folio 23r

١٤. Ms. A, folio 8v

١٥. انظر ص ١٢٨

١٦. انظر ص ٣١٤

١٧. انظر ص ٦٣

١٨. Arasse (1998), pp. 300-301

١٩. انظر ص ١٢٦

٢٠. Ms. A, folio 3r

٢١. انظر ص ٣٠٣

٢٢. Ms. Ashburnham II, folio 18r

٢٣. نفسه، foliom25

٢٤. انظر kemp (1981), p. 33

٢٥. انظر ص ١٩٥

٢٦. انظر Kemp (1981), p. 35

٢٧. انظر ص ١٠٢

٢٨. Codex Arundel, folio 70v

٢٩. انظر Keele (1983), pp. 55-56

٣٠. Ms. A, folio 19r

Ms. A, folio 19r

٣١. انظر Keele (1983), p. 141

٣٢. انظر ص ٦٧

٣٣. Codex Atlanticus, folio 676r

٣٤. نفسه

٣٥. Trattato, chapters 681-82

٣٦. Clark (1989), p. 129; مقتبسة أيضا فى ص ١١٩ من المتن الحالى

٣٧. Trattato, chapter 17

٣٨. انظر Keele (1983), p. 132 انظر أيضا ص ٢٨٧-٢٨٨ من المتن الحالى حول استخدام ليوناردو للغرفة المعتمة

٣٩. انظر ص ١٩٠

٤٠. Codex Arundel, folio 94v

٤١. نفسه

٤٢. انظر Keele (1983), pp. 91-92

٤٣. Ms. F, folio 41v

٤٤. انظر Kemp (1981), p. 323; انظر أيضا ص ٢٠٢ من المتن الحالى

٤٥. Trattato, chapter25

٤٦. Codex Atlanticus, folio 372v.

٤٧. دراسات تشريحية، foliom118v

٤٨. نفسه، folio 22v

٤٩. ربما قد يكون من الخطأ قراءة المعنى الغامض للمصطلح "روحى أو روحانى spiritual " الذى استخدم كثيرا بواسطة ليوناردو. وهو يعرف ذلك بوضوح على أنه يعنى ببساطة "غير مرئى invisible ولامادى immaterial " ويستخدمه دائما بهذا المعنى؛ انظر ص ٣١٢

٥٠. لم يتم تعريف الطاقة بدقة إلا فى القرن السابع عشر، ويستخدم ليوناردو كلا من potentia & virtu ليعنى القدرة أو الطاقة.

٥١. دراسات تشريحية و folio 22v

٥٢. انظر Capra (1975), p. 61

٥٣. Ms. Ashburnham II, folio 6v

٥٤. نفسه

٥٥. Ms. A, folio 9v

٥٦. نفسه، folio 61r

٥٧. الأكثر دقة أن جسيمات الماء تتحرك فى دوائر صغيرة، انظر Capra (1975), p. 152

٥٨. انظر ص ٢٨٩-٢٩٠

٥٩. Ms. A, folio 61r

٦٠. Ms. H, folio 67r

٦١. هناك حتى بعض التخمينات التى تقول بأن هويجنز ربما كان على دراية بأبحاث ليوناردو عندما نشر بحثه الشهير حول البصريات، Traite de la lumiere فى ١٦٩٠؛ انظر White (2000), p. 177

٦٢. انظر Kenneth Keele, " ليوناردو دا فينشى، فسيولوجيا الحواس Leonardo da Vinci's Physiology of the Senses " فى O'Malley (1969)

٦٣. Ms. F, folio 49v

٦٤. Codex Atlanticus, folio 545v

٦٥. انظر White (2000), p. 182

٦٦. نفسه ص ٢٣٨

٦٧. انظر ص ١٣١

٦٨. Codex Leicester, folio 4r

٦٩. انظر Keele (1983), p. 215

٧٠. Ms. B, folio 4v

٧١. Ms. A, folio 61r

٧٢. نفسه، folio 22r

٧٣. انظر ص ٢٩٤-٢٩٥

٧٤. انظر ص ١٥٣

٧٥. دراسات تشريحية folio 148v

٧٦. Codex Madrid I, folio 126v

٧٧. نفسه

٧٨. انظر Martin Kemp (1999b), "ليوناردو والهرم المرئى Leonardo and the Visual Pyramid " فى Farago (1999)

٧٩. Ms. F, folio 34r

٨٠. Ms. D, folio4v

٨١. انظر Kemp (1999b)

٨٢. Ms. E, 16v

الفصل التاسع

١. Codex Atlanticus, folio 949v

٢. Trattato, Chapter 28

٣. انظر Keele (`983), p. 61

٤. Codex Atlanticus, folio 327v

٥. Ms. D, folio 5v

٦. Codex Atlanticus, folio 345r

٧. Ms. F, folio 39v

٨. انظر Keele (1983), pp. 73-74

٩. نفسه ص ٦٩

١٠. Codex Atlanticus, folio 545r

١١. انظر ص ٢٧١

١٢. انظر ص ٢١٢

١٣. Ms. D, folio 1r

١٤. انظر Keele (1983), pp. 74-75

١٥. كانت النظارات معروفة فى أيام ليوناردو، وكانت من نوعين، تلك "المخصصة للشباب" (عدسات محدبة) وتلك "المخصصة لكبار السن" (عدسات مقعرة)، انظر Keele (1983), p. 210

١٦. نفسه ص ٢٠٤

١٧. انظر ص ٢٨٧-٢٨٨

١٨. Ms. D, folio 3v

١٩. انظر Keele (1983), p. 201

٢٠. دراسات تشريحية، folio 115r ، لم يكن ليوناردو يدرك أن الرؤية المركزية تحدث عند البقعة المركزية الموجودة على حافة البقعة العمياء.

٢١. Codex Atlanticus, folio 546r

٢٢. انظر ص ٢١٢

٢٣. Keelew (1969) and Keele (1983), p. 60

٢٤. انظر ص ٢٩٠-٢٩١

٢٥. Keele (1969)

٢٦. Keele (1983), p. 63

٢٧. نفسه صص ٦٤-٦٥

٢٨. التقاطع الصليبى البصرى فى الحقيقة هو تقاطع جزئى والذى فيه ينقسم كل عصب إلى فرعين، ويتقاطع كل فرع داخلى من كل عين ويلتحم بالفرع الخارجى للعين الأخرى.

٢٩. Codex Atlanticus, folio 832v

Codex Atlanticus, folio 832v

٣٠. يتكون التجويف الأمامى من زوج من جناحين جانبيين مفصولين تماما تقريبا، ولذا يوصف كذلك بأنه زوج من التجويفات الجانبية

٣١. متبعا Kenneth Keele ، فإننى أستخدم مصطلح ليوناردو بالإيطالية senso commune لهذه المنطقة من المخ؛ حيث إن المصطلح الإنجليزى "common sense" له معنى مختلف تماما، انظر Keele (1983), p. 62

٣٢. ربما يكون ليوناردو هو الذى صك المصطلح impressiva (or imprensiva) مشابها للمصطلحين المرتبطين apprensiva and comprensiva، المستخدمان بواسطة مفكرى العصور الوسطى، انظر Farago (1992), pp. 301-2 . "مستقبِل الانطباعات Receptor of impressions " هو الترجمة المقترحة بواسطة Martin Kemp ، انظر Kemp (1981), p. 127

٣٣. Trattato, chapter 28

٣٤. من أجل مناقشات أكثر استفاضة حول دراسات ليوناردو للصوت البشرى والصوتيات والموسيقى، انظر Giulio Panconcelli-Calzia, "Leonardo's work in Phonetics and Linguistics أعمال ليوناردو فى الصوتيات واللغويات" and

Enrico Magni-Duffocq, "Da Vinci's Music" in Leonardo da Vinci, Reynal, New York, 1956 وخاصة Keele (1983), p. 215

٣٥. Keele (1983), p. 219

٣٦. انظر ص ١١٣

٣٧. انظر ص ٨٥

٣٨. انظر Arasse (1998), p. 222

٣٩. دراسات تشريحية، folio 39r

٤٠. انظر Windelband (2001), p. 62 ؛ وانظر أيضا ص ١٨٨ من المتن الحالى

٤١. انظر Keele (1983), p.267

٤٢. Codex Arundel, 151r,v

٤٣. انظر Capra (2002), p. 33

٤٤. انظر ص ١٤٩

٤٥. انظر Laurenza (2004b), pp. 86-88

٤٦. Codex Atlanticus, 434r

٤٧. دراسات تشريحية folio 114v

٤٨. انظر ص ١٨٢

٤٩. Codex Atlanticus, folio 166r

٥٠. انظر Capra (2002), p. 61

٥١. Ms. B, folio 4v

٥٢. دراسات تشريحية، folios 198r and 114v

٥٣. Codex Atlanticus, folio 680r

٥٤. انظر Capra (2002), pp. 40-41

خاتمة

١. انظر ص ١٦-١٧

٢. keele (1983); انظر أيضا Nuland (2000)

٣. Emboden (1987)

٤. Galluzzi (1996); وانظر أيضا Pederetti (1999); Laurenza, Taddei and Zanon (2005)

٥. Laurenza (2004b)

٦. هندسة ليوناردو وعمارته كلاهما تم تغطيته باستفاضة فى الكتالوج الجميل للمعرض فى the Musee des Beaux-Arts de Montreal ؛ انظر Galluzzi (1987)

٧. Codex Madrid I, folio 6r

٨. انظر مثلا Ms. E, fplios 38ff

٩. دراسات تشريحية folio 114v

١٠. انظر Capra (2002), pp. 229ff

١١. انظر ص ٨٢

١٢. انظر ص ٨٣

١٣. Codex Leicester, folio 13r; انظر أيضا folio 32r

١٤. انظر Capra (1996), pp. 6-7

١٥. Trattato, chapter 34

١٦. انظر Fritjof Capra and David Steindl-Rast, الانتماء للعالم Belonging to the Universe, HarperSanFrancisco, 1991

١٧. انظر Capra (1982)

١٨. انظر Capra (1996), and Capra (2002)

الملحق

١. انظر Macagno (1992b)

٢. انظر ص ٢١٩

٣. Codex Madrid II, folios 107r and 111v

٤. Macagno (1992b)

٥. انظر Kemp (1981), p. 250

٦. Codex Atlanticus, folio 82r

٧. Macagno (1992b)

٨. إنظر ص ٢٦٢-٢٦٧

٩. انظر تحليل Pedretti and Marinoni; Codex Atlanticus, folio 455

١٠. Codex Atlanticus, folio 455

١١. نفسه

١٢. نفسه

١٣. انظر Keele (1983), p. 154

١٤. من الظاهر أن ليوناردو لم يشعر بالحاجة لتسجيل حلول معادلاته الطوبولوجية بيانيا، ولو كان قد فعل ذلك، فلربما من المحتمل أن يكون قد استخدم رمزا مختلفا، حيث ظهرت علامة التساوى (=) فى الاستخدام الشائع فقط فى القرن السابع عشر، انظر Kline (1972), p. 260

مذكرات ليوناردو
المخطوطات والصور المنسوخة

❦ ANATOMICAL STUDIES (WINDSOR COLLECTION) ❦

Kenneth Keele and Carlo Pedretti, *Leonardo da Vinci: Corpus of the Anatomical Studies in the Collection of Her Majesty the Queen at Windsor Castle*, 3 vols., Harcourt Brace Jovanovich, New York, 1978–80.

❦ DRAWINGS AND MISCELLANEOUS PAPERS (WINDSOR COLLECTION) ❦

Carlo Pedretti, *The Drawings and Miscellaneous Papers of Leonardo da Vinci in the Collection of Her Majesty the Queen at Windsor Castle*, 2 vols., Harcourt Brace Jovanovich, New York, 1982.

Volume I: Landscapes, Plants, and Water Studies

Volume II: Horses and Other Animals

Complete edition to comprise four volumes; volumes 3 and 4 not yet published.

❦ CODEX ARUNDEL ❦

Leonardo da Vinci, *Il Codice Arundel 263 nella British Library: edizione in facsimile nel riordinamento cronologico dei suoi fascicoli; a cura di Carlo Pedretti; trascrizioni e note critiche a cura di Carlo Vecce*, Giunti, Florence, 1998.

❦ CODEX ATLANTICUS ❦

Leonardo da Vinci, *Il codice atlantico della Biblioteca ambrosiana di Milano,*

trascrizione diplomatica e critica di Augusto Marinoni, Giunti, Florence, 1975–80.

❦ CODEX SUL VOLO ❦

Leonardo da Vinci, *The codex on the flight of birds in the Royal Library at Turin*, edited by Augusto Marinoni, Johnson Reprint, New York, 1982.

❦ CODICES FORSTER I, II, III ❦

Leonardo da Vinci, *I codici Forster del Victoria and Albert Museum di Londra; trascrizione diplomatica e critica di Augusto Marinoni, edizione in facsimile*, 3v., Giunti, Florence, 1992.

❦ CODEX LEICESTER (FORMERLY CODEX HAMMER) ❦

Leonardo da Vinci, *The Codex Hammer*, translated into English and annotated by Carlo Pedretti, Giunti, Florence, 1987.

❦ CODICES MADRID I, II ❦

Leonardo da Vinci, *The Madrid Codices*, transcribed and translated by Ladislao Reti, McGraw-Hill, New York, 1974.

❦ MANUSCRIPTS AT INSTITUT DE FRANCE ❦

Leonardo da Vinci, *I manoscritti dell'Institut de France, edizione in facsimile sotto gli auspici della Commissione nazionale vinciana e dell'Institut de France, trascrizione diplomatica e critica di Augusto Marinoni*, Giunti, Florence, 1986–90.
(Mss. A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M; Ms. A includes as a supplement Ashburnham II, also listed as B.N. 2038; Ms. B includes as a supplement Ashburnham I, also listed as B.N. 2037.)

❦ CODEX TRIVULZIANUS ❦

Leonardo da Vinci, *Il codice di Leonardo da Vinci nella Biblioteca trivulziana di Milano, trascrizione diplomatica e critica di Anna Maria Brizio*, Giunti, Florence, 1980.

❧ TRATTATO DELLA PITTURA (CODEX URBINAS) ❧

Leonardo da Vinci, *Libro di pittura, Codice urbinate lat. 1270 nella Biblioteca apostolica vaticana, a cura di Carlo Pedretti, trascrizione critica di Carlo Vecce*, Giunti, Florence, 1995.

ببليوجرافيا

Ackerman, James. "Science and Art in the Work of Leonardo." In C. D. O'Malley, ed., *Leonardo's Legacy: An International Symposium*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1969.

Anonimo Gaddiano. "Leonardo da Vinci." Written around 1542; translation by Kate Steinitz and Ebria Feigenblatt, 1949; reprinted in Ludwig Goldscheider, *Leonardo da Vinci*. Phaidon, London, 1964.

Arasse, Daniel. *Leonardo da Vinci: The Rhythm of the World*. Konecky & Konecky, New York, 1998.

Armstrong, Karen. *Islam: A Short History*. Modern Library, New York, 2000.

Boas, Marie. *The Scientific Renaissance*. Harper & Brothers, New York, 1962.

Bramly, Serge. *Leonardo: Discovering the Life of Leonardo da Vinci*. HarperCollins, New York, 1991.

Burckhardt, Jacob. *The Civilization of the Renaissance in Italy*. Original German edition published in 1860; Modern Library, New York, 2002.

Calvi, Gerolamo. *I manoscritti di Leonardo da Vinci dal punto di vista cronologico storico e biografico*. Bramante, Busto Arsizio, 1982; first published in 1925, republished in 1982 with a foreword by Augusto Marinoni.

Capra, Fritjof. *The Tao of Physics*. Shambhala, Berkeley, 1975; 25th Anniversary Edition by Shambhala, Boston, 2000.

———. *The Turning Point*. Simon & Schuster, New York, 1982.

———. *Uncommon Wisdom*. Simon & Schuster, New York, 1988.

———. *The Web of Life*. Doubleday, New York, 1996.

———. *The Hidden Connections*. Doubleday, New York, 2002.

———, and David Steindl-Rast. *Belonging to the Universe*, HarperSanFrancisco, 1991.

Ching, Francis. *Architecture: Form. Space. and Order.* 2nd Edition. John Wiley, New York, 1996.
Clagett, Marshall. "Leonardo da Vinci: Mechanics." In Claire Farago, ed., *Leonardo's Science and Technology.* Garland, New York, 1999.
Clark, Kenneth. *Leonardo da Vinci.* Penguin, 1989.
Dibner, Bern. "Leonardo: Prophet of Automation." In C. D. O'Malley, ed., *Leonardo's Legacy: An International Symposium.* University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1969.
Emboden, William. *Leonardo da Vinci on Plants and Gardens.* Dioscorides Press, Portland, Ore., 1987.
Farago, Claire. *Leonardo da Vinci's Paragone: A Critical Interpretation with a New Edition of the Text in the Codex Urbinas.* E. J. Brill, Leiden, 1992.
———, ed. *Leonardo's Science and Technology.* Garland, New York, 1999.
———. "How Leonardo da Vinci's Editors Organized his *Treatise on Painting* and How Leonardo Would Have Done It Differently," in Lyle Massey, ed., *The Treatise on Perspective: Published and Unpublished.* National Gallery of Art, Washington, distributed by Yale University Press, 2003.
Galluzzi, Paolo. *Renaissance Engineers.* Giunti, Florence, 1996.
———, and Jean Guillaume, eds. *Léonard de Vinci: ingénieur et architecte.* Musée des Beaux-Arts de Montréal, 1987.
Giovio, Paolo. "The Life of Leonardo da Vinci." Written around 1527, first published in 1796; translation from the original Latin by J. P. Richter, 1939; reprinted in Goldscheider (1964), p. 29.
Goldscheider, Ludwig. *Leonardo da Vinci.* Phaidon, London, 1964.
Gombrich, E. H. "The Form of Movement in Water and Air." In C. D. O'Malley, ed., *Leonardo's Legacy: An International Symposium.* University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1969.
———. Preface to *Leonardo da Vinci: Artist, Scientist, Inventor.* Catalogue of Exhibition at Hayward Gallery, Yale University Press, 1989.
Gould, Stephen Jay. "The Upwardly Mobile Fossils of Leonardo's Living Earth." In Stephen Jay Gould, *Leonardo's Mountain of Clams and the Diet of Worms.* Harmony Books, New York, 1998.
Guillaume, Jean. "Léonard et l'architecture." In Paolo Galluzzi and Jean Guillaume, eds., *Léonard de Vinci: ingénieur et architecte.* Musée des Beaux-Arts de Montréal, 1987.
Heydenreich, Ludwig H. *Leonardo da Vinci.* 2 vols. Macmillan, New York, 1954.
———. "Leonardo and Bramante: Genius in Architecture." In C. D.

O'Malley, ed., *Leonardo's Legacy: An International Symposium*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1969.
Hope, Charles. "The Last 'Last Supper'." *New York Review of Books*. August 9, 2001.
Jacquot, Jean, ed. *Le Lieu théâtral à la Renaissance*. Paris, 1968.
Keele, Kenneth. *Leonardo da Vinci on Movement of the Heart and Blood*. Lippincott, Philadelphia, 1952.
———. "Leonardo da Vinci's Physiology of the Senses." In C. D. O'Malley, ed., *Leonardo's Legacy: An International Symposium*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1969.
———. *Leonardo da Vinci's Elements of the Science of Man*. Academic Press, New York, 1983.
Kemp, Martin. *Leonardo da Vinci: The Marvellous Works of Nature and Man*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1981.
———. "Leonardo Then and Now." In Kemp and Jane Roberts, eds., *Leonardo da Vinci: Artist, Scientist, Inventor*. Catalogue of Exhibition at Hayward Gallery, Yale University Press, 1989.
———. "Analogy and Observation in the Codex Hammer." In Claire Farago, ed., *Leonardo's Science and Technology*. Garland Publishing, New York, 1999a.
———. "Leonardo and the Visual Pyramid." In Claire Farago, ed., *Leonardo's Science and Technology*. Garland Publishing, New York, 1999b.
———. *Leonardo*. Oxford University Press, 2004.
———, and Jane Roberts, eds. *Leonardo da Vinci: Artist, Scientist, Inventor*. Catalogue of Exhibition at Hayward Gallery. Yale University Press, 1989.
Kempers, Bram. *Painting, Power and Patronage*. Allen Lane, London, 1992.
Kline, Morris. *Mathematical Thought from Ancient to Modern Times*. Oxford University Press, New York, 1972.
Kuhn, Thomas S. *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, 1962.
Lakoff, George, and Mark Johnson. *Philosophy in the Flesh*. Basic Books, New York, 1999.
Laurenza, Domenico. "Leonardo nella Roma di Leone X." *XLIII Lettura Vinciana*. Biblioteca Leonardiana, Vinci, 2003.
———. "Leonardo: La scienza trasfigurata in arte." *Le Scienze*. Rome, maggio 2004a.
———. *Leonardo on Flight*. Giunti, Florence, 2004b.

———, Mario Taddei, and Edoardo Zanon. *Le Macchine di Leonardo.* Giunti, Florence, 2005.

Leonardo da Vinci. Reynal, New York, 1956.

Livio, Mario. *The Golden Ratio.* Broadway Books, New York, 2002.

Macagno, Enzo. "Lagrangian and Eulerian Descriptions in the Flow Studies of Leonardo da Vinci." *Raccolta Vinciana.* Fasc. XXIV, 1992a.

Macagno, Matilde. "Geometry in Motion in the Manuscripts of Leonardo da Vinci." *Raccolta Vinciana*, Fasc. XXIV, 1992b.

———. "Transformation Geometry in the Manuscripts of Leonardo da Vinci." *Raccolta Vinciana*, Fasc. XXVI, 1995.

Magni-Dufflocq, Enrico. "Da Vinci's Music." In *Leonardo da Vinci.* Reynal, New York, 1956.

Marinoni, Augusto. Introduction to Leonardo da Vinci, *Il codice atlantico della Biblioteca ambrosiana di Milano.* Vol. 1. Giunti, Florence, 1975.

Massey, Lyle, ed. *The Treatise on Perspective: Published and Unpublished.* National Gallery of Art, Washington. Distributed by Yale University Press, 2003.

Murray, Penelope, ed. *Genius: The History of an Idea.* Basil Blackwell, New York, 1989.

Nicodemi, Giorgio. "The Portrait of Leonardo." In *Leonardo da Vinci.* Reynal, New York, 1956.

Nuland, Sherwin B. *Leonardo da Vinci.* Viking Penguin, New York, 2000.

O'Malley, C. D., ed. *Leonardo's Legacy: An International Symposium.* University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1969.

Pacioli, Luca. *De divina proportione.* Paganinum de Paganinis, Venice, 1509; facsimile edition of the manuscript in the Biblioteca Ambrosiana di Milano, published by Fontes Ambrosiani XXXi, G. Biggiogero and F. Riva, eds., Milan, 1966.

Palter, Robert M., ed. *Toward Modern Science.* Vol. 2. Noonday Press, New York, 1961.

Panconcelli-Calzia, Giulio. "Leonardo's Work in Phonetics and Linguistics." In *Leonardo da Vinci.* Reynal, New York, 1956.

Pedretti, Carlo. *Leonardo, Architect.* Rizzoli, New York, 1985.

———. *Leonardo: The Machines.* Giunti, Florence, 1999.

———, and Marco Cianchi. *Leonardo: I codici.* Giunti, Florence, 1995.

Pizzorusso, Ann. "Leonardo's Geology: The Authenticity of the Virgin of the Rocks." *Leonardo*, Vol. 29, No. 3. MIT Press, 1996.

Reti, Ladislao, ed. *The Unknown Leonardo.* McGraw-Hill, New York, 1974.

Richards, Robert. *The Romantic Conception of Life*. University of Chicago Press, 2002.

Richter, Irma, ed. *The Notebooks of Leonardo da Vinci*. Oxford University Press, New York, 1952.

Roberts, Jane. "The Life of Leonardo." In Martin Kemp and Roberts, *Leonardo da Vinci: Artist, Scientist, Inventor*. Catalogue of Exhibition at Hayward Gallery, Yale University Press, 1989.

Sarton, George. *The Appreciation of Ancient and Medieval Science during the Renaissance*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1955.

———."The Quest for Truth: A Brief Account of Scientific Progress during the Renaissance." In Robert M. Palter, ed., *Toward Modern Science*, Vol. 2. Noonday Press, New York, 1961.

Sparke, Penny. *Design and Culture in the Twentieth Century*. Allen & Unwin, London, 1986.

Steinitz, Kate. "Le dessin de Léonard de Vinci pour la représentation de la Danaé de Baldassare Taccone." In Jean Jacquot, ed., *Le Lieu théâtrial à la Renaissance*. Paris, 1968.

Steptoe, Andrew, ed. *Genius and the Mind*. Oxford University Press, 1998.

Vasari, Giorgio. *Lives of the Artists*. Published originally in 1550; translation by George Bull, 1965; reprinted as *Lives of the Artists: Volume I*, Penguin, 1987.

White, Michael. *Leonardo: The First Scientist*. St. Martin's/Griffin, New York, 2000.

Windelband, Wilhelm. *A History of Philosophy*. Published originally in 1901 by Macmillan; reprinted by The Paper Tiger, Cresskill, N.J., 2001.

Zöllner, Frank, and Johannes Nathan. *Leonardo da Vinci: The Complete Paintings and Drawings*. Taschen, 2003.

مسرد بالكلمات والمصطلحات وبعض الأسماء الشهيرة

Academy of Plato	أكاديمية أفلاطون
Acoustics	صوتيات
Adoration of the Magi	عشق المجوس
Aerodynamics	آيروديناميكا
Afterimage	صورة تلوية – طيف
Air resistance	مقاومة الهواء
Albumazar	أبو مشعر
Algebra	الجبر
Alhazen	الحسن بن الهيثم
Alhazen's problem	مسألة (معضلة) الحسن بن الهيثم
Almagest (Ptolemy)	الماغسطى (بطليموس)
Altarpieces	لوحة فنية فوق المذبح وخلفه
Ambrosiana Library	مكتبة أمبروزيانا
Analytic geometry	هندسة تحليلية
Anatomia	تشريح

Anatomical studies	دراسات تشريحية
Anima mundi	نفس (روح) العالم
Annunciation	بشارة جبريل
Arabic scholarship	الزمالة العربية
Archetypes	طراز أو نموذج مثالى
Architecture	العمارة
Area, conservation of	الحفاظ على المساحة
Aristotle	أرسطو
Arithmetic	حساب – حسابى
Arithmetic progressions	متواليات حسابية
Arte (skill)	مهارة
Arteries	الشرايين
Arteriosclerosis	تصلب الشرايين
Astrology	التنجيم
Astronomy	الفلك (علم الفلك)
Atmospheric conditions	الظروف الجوية
Atoms	ذرات
Auditory nerves	الأعصاب السمعية

Averroes (Ibn Rushd)	ابن رشد
Avicenna (Ibn Sina)	ابن سينا
Axons	محاور عصبية
Babylonian astronomy	علم الفلك البابلى
Ball bearings, rotary	جزء من آلـــة دوار محمـــول علـــى كريات صلبة (رولمان بلى)
Baptism of Christ	تعميد المسيح
Baptistery of St.John	ماء تعميد القديس يوحنا
Battle of Anghiàri, the	معركة أنجيارى
Battle of Cascina, the	معركة كاسينا
Beveled lock gates	قفل بوابة مشطوف
Bible	الإنجيل – الكتاب المقدس
Biblioteca Reale	المكتبة الملكية
Bibliotheque Nationale	المكتبة القومية
Binocular vision	رؤية ثنائية العينين
Biology	البيولوجيا – علوم الحياة (الأحياء)
Birds	الطيور
Bisangoli (double angles)	زوايا ثنائية

Blood circulation	دورة (سريان) الدم
Blood veins in the left arm	أوردة (عروق) الدم فى الذراع اليسرى
Blue sky	سماء زرقاء
Body temperature	درجة حرارة الجسم
Book of Equations	كتاب المعادلات
Botany	علم النبات
Botany for painters	علم النبات للرسامين
Bottega (workshop)	ورشة
Braccio measurement	وحدة مسافات حوالى ٢٠ قدما
Brain, human	المخ (الدماغ) البشرى
British Library	المكتبة البريطانية
Bronze casting	سبك البرونز
Buckler (painted by Leonardo)	درع خشبى (رسم ليوناردو)
Byzantine Empire	الإمبراطورية البيزنطية
Calculus	حساب التفاضل والتكامل
Calculus, differential	حساب التفاضل
Calculus, integral	حساب التكامل

Camera obscura	الخزانة ذات الثقب (الغرفة المعتمة)
Canals	القنوات
Canon of Medicine (Avicenna)	كتاب القانون فى الطب (ابن سينا)
Cartesian coordinates	الإحداثيات الديكارتية
Cartography	فن رسم الخرائط
Cartoons (preparatory drawings)	كاريكاتير (رسوم تحضيرية)
Catholic Church	كنيسة كاثوليكية
Celestial realm	العالم السماوى
Cerebral ventricles	تجاويف مخية (دماغية)
Chiana valley	وادى تشيانا (لوحة بها خريطة الوادى لليوناردو)
Chiaroscuro	طريقة تسلسل توزيع الضوء والظل
Chladni patterns	أنساق تشلادنى (توزيع الغبار أو الرمل فوق سطح يتذبذب)
Christianity	المسيحية
Cinquecento	القرن السادس عشر
Circle, squaring of	تربيع الدائرة
Circles	دوائر

Circulatory system	نظام (منظومة) دوران
Clock mechanisms	آليات الساعة
Cloux manor	ضيعة
Codex	مخطوطة
cognition	إدراك – معرفة
Cognitive science	علم الإدراك – دراسة طبيعة المهـــام العقلية
Coitus figure	"لوحة" الاتصال الجنسى
Color	لون
Commissions, art	فن العمولة (التوكيل)
Compagnia di San Luca	حملة سان لوتشا
Compassion	عطف – حنان
Complexity theory	نظرية التعقيد
Confraternity of the Immaculate Conception	جمعية التخصيب (التلقيح) النقى
Consciousness	الوعى
Continuity equation	معادلة الاستمرارية
Copper ball(constructed by Verrocchio)	الكرة النحاسية (فيروتشيو)

Copper plates	ألواح نحاسية
Cordoba, Spain	قرطبة، إسبانيا
Cornea	القرنية
Cosmography (Ptolemy)	دراسة الكون
Cubes	مكعبات
Cubic equations	معادلات تكعيبية
Curiosity	فضول
Curvilinear shapes	أشكال منحنية الخطوط
Cylinders	أسطوانات
De anima (Aristotle)	النفس الداخلية – الروح
De divina proportione (Leonardo and Pacioli)	النسب الربانية (ليوناردو وباتشيولى)
Deep ecology	الإيكولوجيا العميقة
Deep structure of the shoulder (Leonardo)	البنية العميقة للكتف (ليوناردو)
De ludo geometric (Leonardo)	عن لعبة الهندسة (ليوناردو)
Deluge drawings	رسومات الطوفان
Deluge study	دراسة الطوفان
De pictura	عن فن الرسم

Design	التصميم
Design for Centralized temple (Leonardo)	تصميم للهيكل المجمع
Diabase	ديـــابيز، صـــخر بركــانى يـــستخدم للتماثيل
Dilation, pupil	تمدد (توسيع) بؤبؤ العين
Discorso mentale process	العملية الذكية (الذهنية)
Dissections	التقطيع - التشريح
Diving apparatus	جهاز (معدات) الغطس
Dodecahedrons	مجسم ذو اثنى عشر ضلعا
Dura mater	الأم الحانية، غشاء خــارجى يغلــف الدماغ والحبل الشوكى
Dynamics	الديناميكا، علم الحركة
Eardrum	طبلة الأذن
Earthly realm	العالم الأرضى
Earthquakes	الزلازل
Ecological design (ecodesign)	التصميم الإيكولوجى
Ecology and environment	الإيكولوجيا والبيئة
Eddies	دوامة – تيار معاكس (فى الرأى مثلا)

education	تعليم
Electromagnetism	الكهرومغناطيسية
Elements of Geometry (Euclid)	عناصر الهندسة (إقليدس)
Elements of Machines (Leonardo)	عناصـــــــر الماكينـــــــات – الآلات (ليوناردو)
Ellipse	قطع ناقص
Embryos	أجنة
Engineering	هندسة
Engineering, civil	هندسة مدنية
Engineering, hydraulic	هندسة هيدرولوكية (مائية)
Engineering, military	هندسة عسكرية
Engraving	حفر – نقش
Entelechy (self completion)	الاكتمال الذاتى
Epiphany	ظهور أو تجلى كائن سماوى – عيد الغطاس
Epistemology	نظرية المعرفة
Equestrian statues	تماثيل فروسية (فرسان)
Equilibrium	اتزان
Euclid	إقليدس

Evolution	تطور
Exploded views	مناظر متفجرة
Eye, human	عين بشرية
Eye sockets	تجويف العين
Falcates	معقوف، معقوفات
Fantasia (imagination)	خيال
Fantasia dei vinci design	تصميمات على سيقان البوص
Festa del paradise, la ("masque"by Leonardo)	قناع من تصميم ليوناردو
Fetus within the womb, the	الجنين فى الرحم
Flies	منطقة فى المسرح لرفــع وخفــض المشاهد والستار
Flow of water and flow of human hair	سريان الماء وسريان شعر الإنسان
Fluid dynamics	ديناميكا الموائع
Flutes	فلوت
Flying machines	الآلات الطائرة
Flying ship (Leonardo)	السفينة الطائرة (ليوناردو)
Focal points	النقاط البؤرية

Foramina	فتحات فى الجمجمة لمرور العصب البصرى و السمعى
Foreshortening	يقصر – يقلل من الطول
Fortification	مناعة – تحصين – تقوية
Four-element theory	نظرية العناصر الأربعة
French Revolution	الثورة الفرنسية
Frequency	تردد (الموجات)
Frescoes	التصوير الجصى (لوحات جصية)
Friction	احتكاك
Functions, linear	دوال خطية
Functions, theory of	نظرية الدوال
Funiculus	حبل عصبى، حزمة عصبية
Fury in the faces of a man, a horse, and a lion	الغضب، الثورة فى أوجه الرجل و الفرس و الأسد
Gaia theory	نظرية جايا (أم الأرض فى الأساطير الإغريقية)
Galen	جالينوس
Garden and landscape design	تصميم الحدائق و المشاهد
Genius: The History of an Idea	عبقرى: تاريخ فكرة

Geography	الجغرافيا
Geology	الجيولوجيا
Geometria situ (geometry of place)	هندسة المكان
Geometry	الهندسة
Glases (spectacles)	نظارات
Gliders	المنزلق – طائرة شراعية
Glissando flutes	انحدار سريع لنغمات فلوت متتالية
Gothic architecture	العمارة القوطية
Gran cavallo statue (Leonardo)	التمثال العظيم للحصان (ليوناردو)
Gravity	الجاذبية
Great Britain	بريطانيا العظمى
Greek language and literature	اللغة اليونانية (الإغريقية) وآدابها
Greek philosophy and science	الفلسفة اليونانية (الإغريقية) وعلومها
Grotesque caricatures	الرسومات الغريبة (الجروتسك)
Guilds	نقابة من القرون الوسطى
Hang gliders	المنزلق اليدوى – شبيهة بالطائرة الورقية
Healthy Cities Project in Europe	مشروع المدن الصحية فى أوربا

Hearing	سمع – حاسة السمع
Heart	القلب
Hellenistic philosophy	الفلسفة الهلينيستية (اليونانية بعد موت الإسكندر)
Heresy	هرطقة
Historia animalium (Aristotle)	تاريخ الحيوانات (أرسطو)
Hoists	روافع
Holy league	اتحاد، رابطة مقدسة
Homologies	تماثلات – تشابهات
Homosexuality	المثلية الجنسية
Hormones	هرمونات
Horses	خيول
Humanism	الفلسفة الإنسانية
Hygrometers	أداة قياس الرطوبة
Ideal forms	أشكال مثالية
Industrialization	تصنيع
Infinity	اللانهاية
Intromission theory	نظرية الإقحام

Ions	أيونات
Iris	قزحية العين – إيريس، آلهة قــوس قزح
Irrational numbers	أعداد صماء
Italian Renaissance	عصر النهضة الإيطالى
Jesus Christ	المسيح
John the Baptist, Saint	القديس يوحنا المعمدان
Kant, Immanuel	إيمانويل كانت
Khayyam, Omar	الخيام، عمر
al khwarzimi, Muhammed	الخوارزمى، محمد
Kinematics	كنيماتيكا
Kitab al jabr (Khwarzimi)	كتاب الجبر (الخوارزمى)
Kitab al-Manazir (Alhazen)	كتاب المناظر (الحسن بن الهيثم)
Kuhn, Thomas	توماس كون
Lady with an Ermine (Leonardo)	سيدة مع فراء القاقم
Landscape design	تصميم المنظر (المشهد)
Landscapes	المشاهد (المناظر)
Land surveys	مسح الأراضى

Larynx	الحنجرة
Last Supper, The (Leonardo)	العشاء الأخير (ليوناردو)
Latin language and literature	اللغة اللاتينية وآدابها
Leda and the Swan (Leonardo)	ليدا والبجعة (ليوناردو)
Length	الطول
Lenses	العدسات
Lenses, concave	عدسات مقعرة (مفرقة)
Lenses, convex	عدسات محدبة (لامّة)
Lenses, spherical	عدسات كروية
Lens grinding	صقل العدسات
Leonardo da Vinci	ليوناردو دا فينشى
anatomical studies	دراسات تشريحية
apprenticeship	تدريب
architect	معمارى
art	فن
artistic technique	تقنية فنية
assiatants	معاونون (مساعدون)
background	خلفية (أرضية)

Biographies	سير حياة
birth	مولد
botanical studies	دراسات نباتية
bronze casting	سبك البرونز
buckler painted by	تزيين ترس (درع) صـــغير بالرســـم عليه
burial of	عملية الدفن
cartoons	رسومات كاريكاتورية
childhood of	طفولة
civil engineer	مهندس مدنى
commissions for	تكليف
compassion of	عطف، حنان
copies from paintings of	نسخ من الرسومات
correspondence of	توافق (تطابق)
Curiosity of	فضول
death of	وفاة (موت)
deluge drawings of	رسومات الطوفان
designer	المصمم

dissections	تقطيعات، تشريحات
diving apparatus	جهاز الغطس
Dramatic style	أسلوب (مسلك) درامى
drawings and diagrams	رسومات وأشكال
Education of	تعليم
empirical approach	المسلك التجريبى
engineering works	أعمال هندسية
equestrian statues	تماثيل الفرسان
eyesight of	البصر
financial situation of	الموقف المالى
Florentine	الفلورنسى
flying machines	آلات طائرة
friendships of	صداقات
geological studies	دراسات جيولوجية
geometrical studies	دراسات هندسية
heresy accusation against	اتهام بالهرطقة ضد
historical influence of	التأثيرات التاريخية
illegitimate child	طفل غير شرعى

illustrations	تصويرات
influences on	تأثيرات على
intellectual development	التطور الفكرى
inventor	مخترع، مبتكر
lefthanded	أعسر (يكتب باليد اليسرى)
library	مكتبة
living quarters	منطقة معيشية
lost manuscripts	مخطوطات مفقودة
lyre played by	معزوفة على القيثارة
maps drawn	خرائط مرسومة
masterpieces	روائع فنية
mathematical studies	دراسات رياضية
mechanical lion	أسد ميكانيكى
medieval concepts	مفاهيم القرون الوسطى
memory	الذاكرة
military engineer	مهندس عسكرى
military strategist	استراتيجى عسكرى
mirror writing	الكتابة عكس الاتجاه (صورة مرآة)

monte Rosa climbed by	تسلق قمة مونت روزا
moral values	قيم أخلاقية
musician	موسيقى
natural world	العالم الطبيعى
notebooks	مذكرات
onion drawings	الرسم طبقات مثل البصلة
organic form	شكل عضوى
painter	رسام
papal patronage	رعاية (حماية) البابا
paralysis	شلل
personality of	شخصية
perspective	منظور
physical appearance of	المظهر الحسى (الجسدى)
physical strength of	القوة الجسمانية
political turmoil and situation of	الاضطراب السياسى ووضع
portraits painted by	بورتريهات مرسومة
preparatory drawings	رسومات تحضيرية
reading by	قراءات بواسطة

religious subjects painted by	موضوعات دينية مرسومة بواسطة
Renaissance context of	سياق عصر النهضة
reputation of	سمعة
royal patronage of	رعاية (حماية) ملكية
scholarship	منحة
scientific investigations	اختبارات (فحوصات) علمية
sculptor	نحات
secrecy of	تكتم، سرية
selfportrait	بورتريه ذاتى
sexuality of	الجنسية – الجنسانية
siblings of	أشقاء
spelling	تهجئة
spirituality as viewed by	الروحانية كما يراها
stage designer	مصمم مسرحى
studios of	استوديوهات (مراسم)
symbolism	رمزية
systemic approach	مسلك منهجى
threedimensional representations	تمثيل ثلاثى الأبعاد

transcriptions for manuscripts	نسخ المخطوطات
treatises	رسائل
Tuscan dialect	اللهجة (اللغة) التوسكانية
urban planning	التخطيط الحضرى
vegetarian	نبتى (شخص)
visual approach	مدخل بصرى
vocabulary	مفردات اللغة، ذخيرة كلمات
warfare opposed by	معاداة الحرب
water flow	سريان الماء
Pia mater	الأم الحنون (غشاء رقيق يغلف المخ والحبل الشوكى)
Pitch	يندفع – يتهور
Planar figures	أشكال مستوية (مسطحة)
Planets	كواكب
Plato	أفلاطون
Platonic solids	أجسام أفلاطون الجامدة
Politics	سياسات
Polyhedral	متعدد الأسطح

Portraits	بورتريهات
Preparatory drawings	رسومات تحضيرية
Prince, The (Machiavelli)	الأمير (ميكيافيلى)
Printing	طباعة
Prisms	مناشير (جمع منشور)
Progressions, mathematical	متواليات رياضية
Proportion	تناسب
Ptolemy	بطليموس
Pupils	طالب – بؤبؤ العين
Pyramidal law (Leonardo)	القانون الهرمى
Pyramids	الأهرام
Pythagoras	فيثاغورس
Quadrivium	التقسيم الأعلى للفنون الحرة السبعة (الأربعة الأعلى الحساب والهندسة والفلك والموسيقى)
Quattrocento	فترة القرن الخامس عشر من الفنون والآداب
Queen's Gallery exihibition	معرض جاليرى الملكة

Ravine with waterbirds	واد صغير (شِعب) به طيور مائية
Rectangles	مستطيلات
Rectilinear shapes	أشكال تحدها خطوط مستقيمة
Reductionism	الاختزالية
Reflection, law of	قانون الانعكاس
Refraction	انكسار الضوء
Religion	ديانة
Religious subjects	موضوعات دينية
Renaissance	عصر النهضة
art and architecture	فن وعمارة
engineering in	الهندسة فى
geographical exploration in high period	الكشوف الجغرافية فى ذروة عـــصر النهضة
humanism in	الفلسفة الإنسانية فى
Leonardo as representative of	ليوناردو ممثلا لــ
literature in	الأدب فى
mathematics in	الرياضيات فى
Middle ages compared with	العصور الوسطى مقارنة بــ

perspective analyzed in	تحليل المنظور فى
political situation in	الوضع السياسى فى
scientific method of	المنهج العلمى فى
universal man in	الرجل العالمى فى
Reproduction, sexual	التكاثر الجنسى
res cogitans (thinking thing)	مسألة التفكير
Res extensa (extended thing)	مسألة التوسع
Resonance	الرنين
Retina	الشبكية
Revolving stage	المسرح الدوار
Rolling mills	مصنع الدرفلة
Roman Empire	الإمبراطورية الرومانية
Rotation	دوران
Royal patronage	رعاية (حماية) ملكية
Rubaiyat (Khayyam)	رباعيات (الخيام)
Saint John thr Baptist (Leonardo)	القديس يوحنا المعمدان (ليوناردو)
Sala delle Asse (Room of the Wooden Boards)	قاعة الألواح الخشبية
Sala del Papa	قاعة البابا

San Bernardo chapel	معبد (كنيسة صغيرة) سان برناردو
San Donato monastery	دير سان دوناتو
San Francesco Grande church	كنيسة سان فرانشسكو الكبرى
Santa Maria del Fiore Cathedral	كاتدرائية سانتا ماريا ديل فيورى
Santa Maria delle Grazie church	كنيسة سانتا ماريا ديلى جراتسى
Santa Maria Novella convent	دير سانتا ماريا نوفيلا
Santa Maria Nuova hospital	مستشفى سانتا ماريا نوفا
Scaffolding	سقالة – مجموعة سقالات
Scattering effect	ظاهرة (تأثير) التشتت أو البعثرة
Scholarship, modern	الدراسة أو الثقافة والعلم الحديث
Scholasticism	التمسك بالتقاليد القديمة
School of Athens, The (Raphael)	مدرسة أثينا (رفائيل)
Science	العلم
-art compared with	الفن مقارنة بـــ
-Cartesian approach to	المسلك الديكارتى لـــ
-empirical basis of	الأسس الأولية لـــ
-hypotheses	فرضيات
-invention and	الاختراع

Shadows original	ظلال أصلية
Shears, circular	قص (إجهاد) دائرى
Shears, parallel	قص (إجهاد) موازٍ
Sistine Chapel	كنيسة سيستين
Skull, human	جمجمة بشرية
Social sciences	علوم اجتماعية
Soul	الروح
Spectacles (glasses)	نظارات
Spheres	كرات
Spinal cord	الحبل الشوكى
Spiraling foliage of Star of Bethlehem (Leonardo)	العنقود الحلزونى من الزهور والأوراق لنجم بيت لحم (ليوناردو)
Spiral vortices	دوامات حلزونية
Spirit, spirituality	الروح والروحانية
Spit (rod), self-regulating	سيخ ذاتى التنظيم
Squares	مربعات
Stage design	تصميم مسرحى
Standard units	وحدات عيارية

Stanze di Rafaello (Raphael's Rooms)	غرف (محلات إقامة) رفائيل
Statics	ساكن – إستاتيكى
Strange attractors	عوامل جذب غريبة
Struggle for the Standard, The (Rubens)	الصراع من أجل المعيار (روبنز)
Stadium Generale	استاد عام
Study of the anterior muscles of the leg	دراسة العضلات الأمامية للساق
Summa de aritmetica geometrica proportioni et proportionalita	موجز النسبة والتناسب الحسابى والهندسى
Sun	الشمس
Swiss mercenaries	المرتزقة السويسريون
Symbolism	الرمزية
Systemic approach	مدخل (مسلك) منهجى (نظامى)
Systems theory	نظرية المنظومات
Tao of Physics	طاوية الفيزياء
Tear ducts	القنوات الدمعية
Technology	تكنولوجيا (تقنية)
Teleology	الغائية

Tempera	وسيلة رسم تمزج فيها الألوان
Tensor analysis	تحليل كمية ممتدة
Theater	مسرح
Theology	علم اللاهوت
Three-dimensional representations	تمثيل ثلاثى الأبعاد
Tiburio (central tower)	البرج المركزى
Topology	الطوبولوجيا
Topology, combinatorial	الطوبولوجيا المجمعة
Topology, point-set	فئة النقطة الطوبولوجيا
Torque	قوة لى (تسبب التواء)
Torus	حلية معمارية – نتوء دائرى أو انتفاخ
Transcription, "critical"	النسخ الحرج (الحاسم)
Transcription, "diplomatic"	النسخ الدبلوماسى
Transcriptions, manuscript	مخطوطات منسوخة
Transformations, continuous	التحول المستمر
Transformations, geometrical	التحول الهندسى (التطبيق)
Trattato della pittura (Leonardo)	رسالة فن الرسم (ليوناردو)

Treatise on Continuous Quantity	رسائل عن الخـــواص (النوعيـــات) المستمرة
Treatises	رسائل
Tremors	رجّة – هزة – نشوة
Triangles	مثلثات
Triangles,isosceles	مثلثات متساوية الساقين
Trigonometry	حساب المثلثات
Trivium	التقسيم الأدنى من الفنون الحرة فـــى القرون الوسطى ويتكون من النحـــو والمنطق والبلاغة
Trumpets	أبواق
Turbulence	بلبلة–اضطراب – تيار معاكس
Turbulent wakes behind a rectangular plank	آثار الاضطراب خلف قطعة خـــشبية (عائق) مستطيلة
Two-wheeled hoist (Leonardo)	رافعة ذات عجلتين (ليوناردو)
Typography	فن الطباعة (أسلوب)
Umbilical cord	الحبل السرى
Universal man (uomo universal)	الرجل العالمى
Urban planning	التخطيط الحضرى

Vanishing point	نقطة التلاشى – نقطة الزوال
Variables	متغيرات
Vector analysis	تحليل متجه
Vegetarianism	السلوك النباتى (الامتناع عن اللحوم)
Veins	أوردة – عروق
Velocity	سرعة متجهة (لها اتجاه)
Vertebral column	العمود الفقرى (سلسلة الظهر)
Viola organist (organ violin)	كمان عازف الأورج
Virgin Mary	العذراء مارى
Virgin of the Rocks (Leonardo)	عذراء الصخور (ليوناردو)
Viscosity	اللزوجة
Vision	الرؤية – الإبصار
Visual field	مجال الرؤية
Voice production	إصدار (إنتاج) الصوت
Volume	الحجم
Vortices	دوامات
Warfare	حرب – نزاع مسلح
Water falling upon water	ماء يسقط على ماء (ليوناردو)

(Leonardo)	
Water veins of the Earth, river Arno, The (Leonardo)	عروق الماء فى الأرض، نهر آرنـــو (ليوناردو)
Water waves	موجات الماء
Waves, longitudal	موجات طولية
Waves, transverse	موجات عرضية
Wave theory	نظرية الموجات
Weight	وزن
Welding	لحام
Whirlpools	دوامة مائية– تيار مائى يدور بسرعة
Windsor Collection	مجموعة وندسور
Wood prints	الطباعة الخشبية
World Health Organization	منظمة الصحة العالمية
Yang and yin principle	مبدأ الازدواجية الصينى (يانج الذكر وبين الأنثى)
zeus	زيوس كبير الآلهة اليونانية

المؤلف فى السطور:

فريتجوف كابرا

حاصل على دكتوراه الفلسفة، الفيزيائى ومنظر الأنظمة، وهو المدير المؤسس لمركز معرفة الإيكولوجيا فى بيركلى بكاليفورنيا؛ لتنشيط الإيكولوجيا والتفكير المنهجى فى التعليم الابتدائى والثانوى.

- له أربعة كتب من أفضل المبيعات عالميا، وفيزياء الطاوية (١٩٧٥)، ونقطة التحول (١٩٨٢)، والحكمة غير المعهودة (١٩٨٨)، ونسيج الحياة (١٩٩٦)، وكتابه السابق، الارتباطات الخفية نشر فى ٢٠٠٢.

- كان كابرا محور أكثر من خمسين مقابلة تليفزيونية وبرامج وثائقية وبرامج حوارية فى أوربا، والولايات المتحدة، والبرازيل، واليابان، وكتب عنه فى الصحف والمجلات الأوسع انتشارا عالميا، وكان هو الموضوع الأول فى البرنامج الجديد لسلسلة الوثائق فى BBC "العقول الجميلة".

www.fritjofcapra.net

المترجم فى سطور:

أ.د أحمد عبد الله السماحى

- من مواليد الإسكندرية بمصر ١٩٣٥، حصل على دكتوراه الفلسفة فى الكيمياء من الولايات المتحدة ١٩٦٤.

- نائب رئيس جامعة أسيوط وجامعة جنوب الوادى الأسبق.

- أستاذ الكيمياء الفيزيائية بجامعة سوهاج.

- ترجم وراجع العديد من الكتب فى مجال الثقافة العلمية للمركز القومى للترجمة والمشروع القومى للترجمة ومشروع كلمة ودار كلمات عربية ودار العين والمكتبة الأكاديمية والمنظمة العربية للترجمة.

المراجع فى سطور:

أ.د فتح الله الشيخ

- من مواليد البحيرة بمصر ١٩٣٧.

- حصل على دكتوراه الفلسفة فى تكنولوجيا الكيمياء من الاتحاد السوفيتى ١٩٦٤.

- رئيس قسم الكيمياء ووكيل كلية العلوم الأسبق بسوهاج.

- أستاذ الكيمياء الفيزيائية بجامعة سوهاج.

- ترجم وراجع العديد من الكتب فى مجال الثقافة العلمية للمركز القومى للترجمة والمشروع القومى للترجمة، ومشروع كلمة ودار كلمات عربية ودار العين والمكتبة الأكاديمية والمنظمة العربية للترجمة وعالم المعرفة ودار سطور.

التصحيح اللغوى: طارق الشامى

الإشراف الفنى: حسن كامل